



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## OPTIMALIZACE VÝROBY TLAKOVÉHO ODLITKU.

OPTIMISATION OF A DIE CASTING PART PRODUCTION.

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. JAROSLAV VENCÁLEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV PÍŠKA, CSc.

BRNO 2009

NETISKNOUT!

Zadání

NETISKNOUT!

Licenční smlouva - oboustranně

**ABSTRAKT**

Cílem projektu je optimalizace výroby tlakového odlitku, který slouží jako jedna z částí rukojeti pro kancelářský nábytek. Hlavní důraz byl kladen na operaci omílání sloužící k zaoblení hran dílců, které jsou po odlévání velmi ostré. Bylo provedeno testování jednotlivých parametrů omílání a výsledkem je několik dílčích doporučení, které vedou ke zvýšení efektivity výroby a zkvalitnění výrobního procesu. Jedná se o úpravu separačního cyklu omílání, návrh optimálního počtu dílců v jednotlivých vsázkách a inovaci druhu a rozměrů omílacích tělísek. Projekt je doplněn o návrh nového a efektivnějšího rozmístění dílců na přepravních paletách.

***Klíčová slova***

Odlévání pod tlakem, omílání, omílací tělíska, čas omílání, separace, odmašťování, povrchová úprava, galvanické pokovování, niklové povlaky.

**ABSTRACT**

The project aim is an optimization of production of pressure die casting, which serves as a one part of handle in office furniture area. The main emphasis was for mass finishing operation, which serves for rounding of very sharp part edges after die casting operation. A few tests of single mass finishing parameter was carried out and as result was a few partial recommendations for an increasing of production efficiency and improving of manufacturing process, namely an adjustment of separation cycle, proposal of optimum amount of pieces in each single batch and an innovation of chips type and dimensions. The project includes a proposal of a new and more efficiency layout of pieces on the transport pallet.

***Key words***

Pressure die casting, mass finishing, chips, mass finishing time, separation, degreasing, surface finishing, electro deposition, nickel coating.

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VENČÁLEK, Jaroslav. *Optimalizace výroby tlakového odlitku: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 90 stran, 12 příloh. Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Optimalizace výroby tlakového odlitku vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24. 05. 2009

.....  
Jaroslav Vencálek

**Poděkování**

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce a panu Ing. Miloši Pařízkovi za pomoc při technickém zpracování.

**OBSAH**

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	6
Poděkování.....	7
Obsah.....	8
Úvod .....	10
1 Popis součástek.....	11
1.1 Charakteristika vyráběných součástek.....	11
1.2 Rozdělení součástek .....	12
1.3 Charakteristika protikusu .....	13
1.4 Montáž součástek.....	13
1.5 Funkce a využití koncovek .....	14
2 Literární studie .....	15
2.1 Odlévání .....	15
2.1.1 Odlévání pod tlakem.....	16
2.1.2 Slitiny pro tlakové lití .....	21
2.1.3 Charakteristika zinku .....	22
2.1.4 Slitiny zinku .....	23
2.1.5 Zinkové odlitky .....	25
2.1.6 Stroje pro tlakové lití .....	26
2.1.7 Formy pro tlakové lití .....	31
2.1.8 Vtoková soustava.....	34
2.2 Odlamování přebytečných částí .....	35
2.3 Proces omílání.....	36
2.4 Proces odmaštění a čištění .....	38
2.5 Povrchová úprava .....	40
2.5.1 Galvanické pokovování .....	40
2.5.2 Niklové povlaky.....	40
3 Současný způsob výroby součástí.....	42
3.1 Historie této produkce .....	42
3.2 Pracovní postup .....	43
3.3 Odlévání odlitku.....	43
3.3.1 Proces odlévání.....	43
3.3.2 Materiál odlitku.....	45
3.3.3 Stroje pro odlévání .....	46
3.3.4 Forma pro odlévání .....	48
3.4 Odlomení vtoků a přetoků .....	49
3.5 Omílání odlitku.....	50
3.5.1 Technická data omílacího stroje .....	51
3.5.2 Pracovní postup omílání .....	51
3.6 Odmaštění, proplachování a sušení odlitků .....	53
3.7 Třídění a rovnání dílců .....	54
3.8 Povrchová úprava .....	54
3.8.1 Galvanické pokovování s nanesením vrstvy laku .....	55
3.8.2 Přímé nalakování .....	55
3.8.3 Použití jednotlivých povrchových úprav.....	56
3.9 Kontrola, montáž, balení, expedice.....	57



3.10 Vzhled součástí po jednotlivých operacích .....	57
4 Analýza vzniku chyb při výrobě odlitku .....	58
4.1 Celkový podíl vzniku neshodných dílů ve výrobě .....	58
4.2 Rozbor původu neshodných dílů .....	58
4.3 Neshodné díly v jednotlivých operacích .....	59
4.3.1 Operace odlévání .....	59
4.3.2 Operace omílání .....	60
4.3.3 Operace odmašťování .....	61
4.3.4 Povrchová úprava .....	62
4.3.5 Ostatní .....	62
5 Testování parametrů omílání .....	64
5.1 Plán testování .....	64
5.2 Parametry testování .....	65
5.3 Testování času omílání .....	65
5.4 Testování času separace .....	67
5.5 Testování omílacích tělísek .....	70
5.6 Testování velikosti vsázky .....	74
6 Úprava pracovního procesu při třídění dílců .....	79
6.1 Současný způsob rovnání dílců .....	79
6.2 Návrh nového rozmístění dílců na paletě .....	80
7 Souhrnná doporučení pro další výrobu .....	82
Závěr .....	83
Seznam použitých zdrojů .....	84
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	88
Seznam příloh .....	90

## ÚVOD

V současné době je velmi obtížné prosadit se na trhu v porovnání s velmi silnou konkurencí. Výrobci musí plnit nároky na stále vyšší kvalitu produkce, kratší výrobní cykly a individuální požadavky svých zákazníků. Proto zde nachází široké uplatnění zvyšování produktivity práce pomocí optimalizace výrobního procesu, při které dochází úspoře jak pracovních sil, tak i materiálu a energie. Tato optimalizace by měla být nedílnou součástí podniků, které chtějí uspět a získat výhodu před svými konkurenty.

Výjimkou není ani proces výroby zinkových odlitků technologií tlakového lití, která zaujímá velmi významné postavení v oblasti výroby odlitků z neželezných kovů. Návrhů je celá řada, je však nezbytné je důkladně otestovat, zda mají potřebný přínos a žádaný efekt při optimalizaci výrobního procesu, jako například úspory vstupních surovin či zkvalitnění výroby.

Tento projekt se zabývá optimalizací výroby tlakově litých odlitků, která je součástí výrobního programu jedné nejmenované firmy. Jedná se o 6 druhů odlitků, které jsou vyráběny ze zinkové slitiny a všechny jsou obdobného tvaru, liší se pouze svými rozměry a hmotností. Po montáži s hliníkovým profilem slouží jako rukojeť v nábytkovém průmyslu.

Projekt se zaměřuje především na oblast omílání odlitků, která následuje po procesu odlévání a předchází konečné fázi výroby, kterou je nanášení povrchové vrstvy na jednotlivé dílce. Testování a následná analýza bude uskutečněna podle předem zvoleného plánu a cílem projektu bude posouzení vlivu jednotlivých parametrů omílání na produktivitu práce a výslednou jakost výrobků. Testování bude prováděno za plného provozu přímo v útrobách výrobního areálu firmy na stejných strojích, na kterých běžně dochází k výrobě a zpracování odlitků.

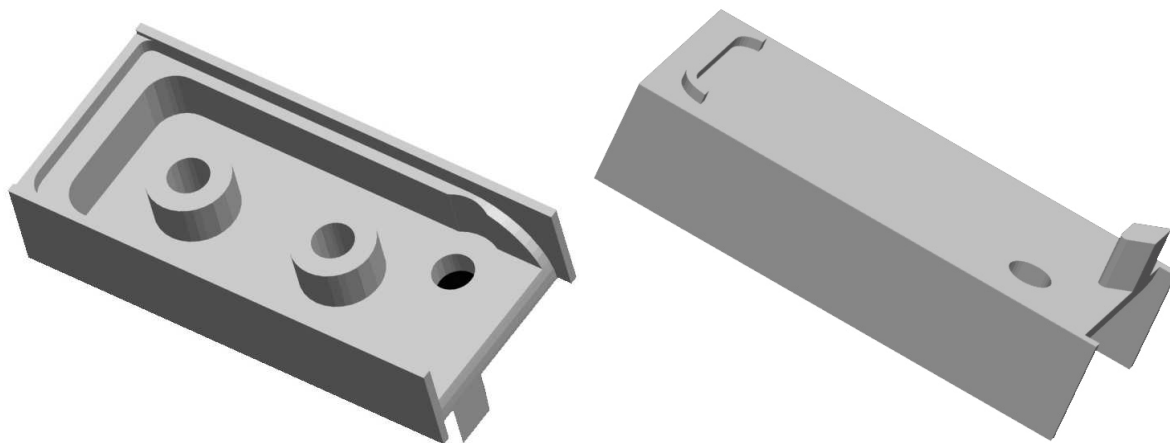
Cílem zadání je navrhnout optimalizační opatření, která by přinesla efekt ve zjednodušení či zkvalitnění výroby s následným snížením výrobních nákladů. Výsledkem mohou být podněty pro firmu o možnostech úpravy výrobních postupů či konstatování, že jednotlivé atributy ovlivňující zpracování odlitků jsou v pořádku a není třeba je modifikovat.

## 1 POPIS SOUČÁSTEK

Tématem projektu je Optimalizace výroby tlakově odlévaných součástek. Jedná se o 6 typů odlitků vyráběných ze zinkové slitiny, které jsou navzájem tvarově velmi podobné, liší se pouze svými rozměry, hmotností a orientací, zda se jedná o díly pravé či levé. V této kapitole jsou stručně popsány vyráběné součástky, jejich funkce a závěrečná montáž s protikusem včetně popisu finálního využití.

### 1.1 Charakteristika vyráběných součástek

Všech 6 typů odlitků je kvádrového tvaru s vnitřním vybráním, jedním průchozím otvorem, a dvěma válečky s neprůchozími otvory, které jsou umístěny v ose dílce a fungují jako základny pro uchycení součásti při nanášení povrchové úpravy. Průchozí otvor slouží ke spojení s protikusem pomocí šroubového spoje. Z důvodu velmi blízké tvarové a rozměrové podobnosti typů dílců je na vnitřní straně odlito i číslo koncovky a písmeno R nebo L pro rozpoznání, zda se jedná o pravé či levé kusy. V horní části vnitřního vybrání je i ochranná známka pro rozpoznání období, ve kterém došlo k odlití dané součásti. Na zadní straně jsou dva výstupky, které slouží k přesnému ustavení vzájemné polohy s protikusem. Základní tolerance rozměrů je  $\pm 0,3$  mm, ale některé funkční rozměry jsou s přesností až  $\pm 0,05$  mm. Jeden z typů odlitků je znázorněn na Obr. 1.1.



Obr. 1.1 Vzhled vyráběných odlitků

## 1.2 Rozdělení součástek

Podle odlišných rozměrů můžeme jednotlivé dílce rozdělit na 3 kategorie, kde každá jednotlivá kategorie sestává z pravého a levého dílu, které jsou tvarově a rozměrově totožné, avšak průchozí otvor, vybrání u tohoto otvoru a ochranná známka jsou navzájem zrcadlově přetočené:

Tab. 1.1 Označení, rozměry a hmotnosti součástek

Označení součástek	Základní rozměry součástek [mm]	Hmotnost [kg]
A1, A2	46,1× 21,8×13	0,038
B1, B2	46,1× 21,1×10	0,029
C1, C2	46,1× 21,8×10	0,030

Lichými číslicemi jsou označeny pravé kusy, sudými číslicemi kusy levé a pro bezpečné rozpoznání jednotlivých dílů jsou navíc opatřeny písmeny R respektive L. Největší hmotnost mají součástky s označením A1 a A2, protože mají největší výšku, naopak nejmenší hmotnost mají součástky B1 a B2 z důvodu své nejmenší šířky. Délka všech typů dílců je shodná. Výkresová dokumentace všech 6–ti typů součástek je součástí projektu jako Příloha 1 až Příloha 6.

Při jednom cyklu odlévání dochází k současnému odlití pravého i levého kusu, které jsou navzájem spojeny vtokovou soustavou a doplněny o přetoky, jak je zřejmé z Obr. 1.2.



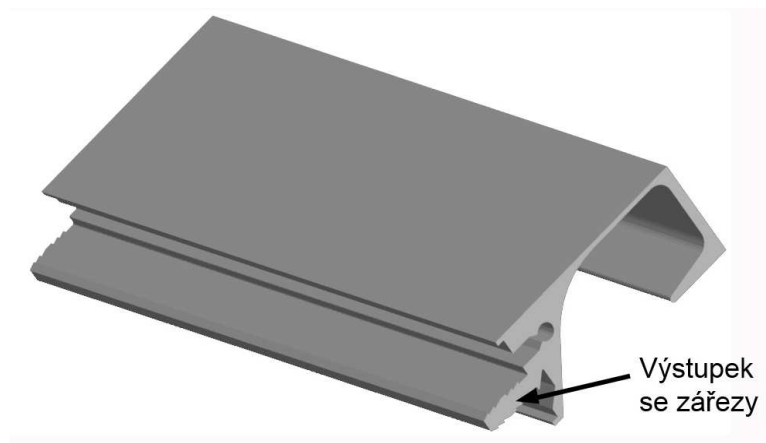
Obr. 1.2 Odlitky A1 a A2 po procesu odlévání

### 1.3 Charakteristika protikusu

Pro 3 skupiny koncovek se při montáži používají jako protikusy 2 druhy hliníkových profilů:

- a) Pro koncovky A1, A2 a také pro C1 a C2 se používá hliníkový profil s označením Alu1 (Příloha 7)
- b) Pro koncovky B1 a B2 se používá hliníkový profil Alu2 (Příloha 8)

Materiálem obou profilů je AlMgSi0,5, což je slitina hliníku tvářená, pro všeobecné účely. Má dobrou tvárnost, leštitelnost a odolnost proti korozi, je vhodná pro středně namáhané konstrukce letadel a vozidel a součásti pro jemnou mechaniku i optiku, je vhodná ke svařování<sup>22</sup>.



Obr. 1.3 Hliníkový profil

Hliníkový profil je opatřen výstupkem se zářezy, pomocí kterého může být zapuštěn do dřevěné zásuvky či přihrádky, čímž vytvoří spojení obou součástí.

### 1.4 Montáž součástek

Před montáží je nezbytné zkontrolovat, zda všechny elementy vstupující do procesu jsou bez vad, které by následně mohly ovlivnit vzhled či funkci výrobku.

Montáž spočívá v připevnění levého a pravého dílce k jednotlivým koncům (odtud jejich hovorové označení „koncovky“) hliníkového profilu pomocí šroubů Ø3,9×16 mm. Vzájemná poloha jednotlivých částí je zajištěna dvěma výstupky

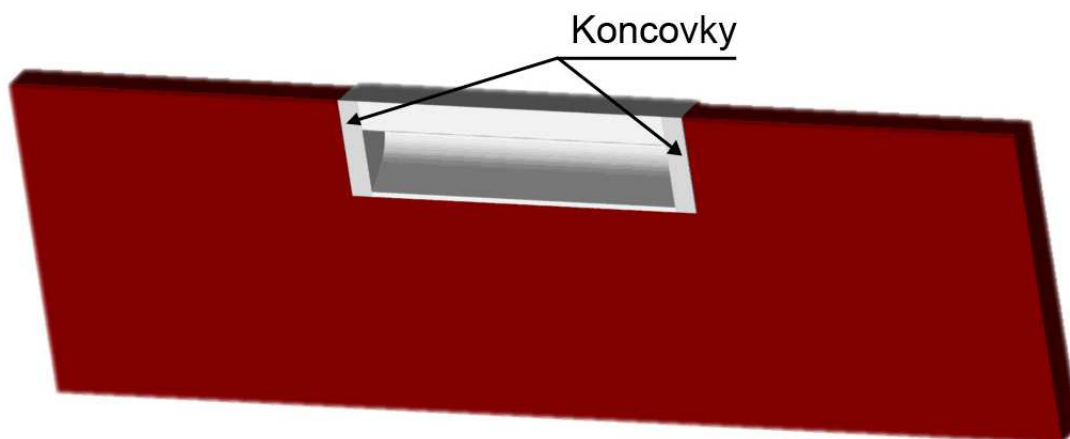
na zadní straně koncovek, které přesně zapadají do tvaru hliníkového profilu. Hrany koncovek a profilu musí na sebe perfektně navazovat a v místě spoje nesmí vzniknout jakýkoliv výstupek či hrana. Výsledkem této montáže je hotový výrobek – rukojeť (Obr. 1.4), která se následně zabalí, opatrně narovná do papírových krabic a je připravena k expedici zákazníkovi.



Obr. 1.4 Sestava koncových částí hliníkového profilu

## 1.5 Funkce a využití koncovek

Koncovek se využívá především v nábytkovém průmyslu, kde hrají úlohu jako spojovací prvek mezi hliníkovou rukojetí a dřevěným čelem kancelářské zásuvky, jak znázorňuje Obr. 1.5. S koncovkami je nutno nakládat velmi opatrně, aby nedošlo k jejich poškození. Základním atributem je prvotřídní kvalita koncovek, která se také odráží na vysoké ceně výrobku.



Obr. 1.5 Sestava koncových částí a rukojeti

## 2 LITERÁRNÍ STUDIE

Tato kapitola vystihuje teoretickou podstatu jednotlivých výrobních procesů používaných při výrobě tlakového odlitku, jako je odlévání, omílání, odmašťování a povrchová úprava. Stručně popisuje a charakterizuje zinek jako základní stavební prvek finálního produktu a dále i jednotlivé stroje a nástroje, které hrají významnou úlohu při výrobním procesu.

### 2.1 Odlévání

Slévárenská technologie patří mezi nejstarší řemesla společně s hrnčířstvím a tkaním. Jedná se o způsob výroby, při kterém se roztavený kov nebo jiný tavitelný materiál vlije do formy, jejíž dutina má tvar a velikost budoucího výrobku. Tento odlitek, získaný ztuhnutím kovu ve formě, je buď již jako hotový finální výrobek, nebo se ještě dále mechanicky obrábí<sup>26</sup>. V nejranějších odlévacích procesech muselo dojít ke zničení formy, aby z ní mohl být finální výrobek vyjmut a tento způsob i nadále v dnešní době přetrvává u některých způsobů odlévání<sup>6</sup>.

Slévárenství je v porovnání s jinými technologiemi výroby obvykle levnější, ale ne všechny druhy slitin lze s úspěchem odlévat<sup>21</sup>. Nejčastějšími odlévanými materiály jsou šedá litina, bílá litina, oceli na odlitky, některé neželezné kovy, plasty i sklo<sup>26</sup>. V současné době existuje několik způsobů pro odlévání, mezi nejčastěji používané patří<sup>4</sup>:

- odlévání do pískové formy – u tohoto způsobu jsou nejnižší počáteční náklady, což se však projevuje v nízké přesnosti odlitků;
- odlévání do trvalých forem – vyšší vstupní náklady, ale také tvarově a rozměrově přesnější výrobky, kratší čas cyklu;
- tlakové odlévání – velmi vysoké vstupní náklady na strojní vybavení, které jsou však kompenzovány vysokou produktivitou a velkou přesností odlitků.

Slévárenské technologie mají oproti jiným metodám výroby součástí výhodu v téměř neomezené tvarové složitosti výrobků. Podle hmotnosti

a velikosti lze odlévat odlitky obrovského rozsahu v řádech desítek tun, ale i součástky velmi malých rozměrů v řádech několika gramů<sup>26</sup>. Celý proces zhotovení odlitků se dělí na několik na sebe navazujících pracovních úseků.

1. Výroba modelu
2. Zhotovení formy
3. Tavení materiálu
4. Odlévání
5. Čištění s úpravou odlitku

### **2.1.1 Odlévání pod tlakem**

Tlakové odlévání je moderním a v dnešní době často používaným způsobem pro výrobu odlitků. Počátky se tradují již do 18. století a výroba většího množství dílců rozmanitých druhů začala počátkem 19. století. Prvními odlévanými kovy byly cín a olovo, které však kolem roku 1914 doplnily zinek a hliník, posléze i hořčík a měď<sup>4</sup>.

Tlakové lití je výroba odlitků z těchto slitin na tlakových (většinou hydraulických) lisech, kde je roztavený kov vtlačen do kovové formy pod velkým tlakem a poté dochází k jeho tuhnutí<sup>19</sup>. Celý proces se skládá z následujících kroků<sup>21</sup>.

1. Vlití daného množství roztavené slitiny do předehřáté formy
2. Uzavření formy pístem, který vytvoří potřebný tlak (50–150 MPa)
3. Uvolnění tlaku po ztuhnutí odlitku
4. Vysunutí pístu z formy
5. Vyjmutí ztuhlého odlitku

Postup plnění dutiny formy při tlakovém odlévání nepodléhá vlivu gravitace, jako při lití do písku či kokil, ale spočívá v přeměně tlakové energie na energii kinetickou<sup>15</sup>.



Nejdůležitějšími faktory tlakového lití z hlediska výsledné kvality odlitku:<sup>15</sup>

- rychlost plnění pracovní dutiny formy;
- měrný tlak na taveninu;
- doba plnění dutiny formy;
- teplota odlévané slitiny, odlévací komory a formy.

Rychlost taveniny v dutině formy je závislá od rychlosti pístu v plnicí komoře, hydrodynamických ztrát a plochy příčného průřezu zářezu. Hydrodynamické ztráty jsou rozdílné v objemu formy, čímž se vysvětluje různý režim plnění v jednotlivých částech a v souladu s tím i nehomogenita kvality odlitku jako celku<sup>14</sup>.

Působení tlaku na tuhnoucí slitinu má nesporné výhody v porovnání s konvenčními způsoby odlévání, odlitky jsou velmi přesné a navíc zde dochází k úspoře materiálu a energie, protože odlitky mají menší vtokovou a nálitkovou soustavu<sup>21</sup>, čímž dochází k vyššímu využití materiálu a úspoře energetických nákladů na roztavení kovu<sup>1</sup>.

Lze odlévat výrobky složitých tvarů s minimálními úkoso a vysokou rozměrovou přesností (v IT 11–14)<sup>5</sup> a hladkostí povrchu, s minimálními přídávky na obrábění a tím i nižší pracností dokončovacích operací<sup>16,17</sup>. Vyšší intenzita přestupu tepla do formy zvyšuje rychlost chlazení a důsledkem jsou tak jemnější mikrostrukturní složky ztuhlé slitiny a tím i lepší mechanické vlastnosti výrobků<sup>21</sup>.

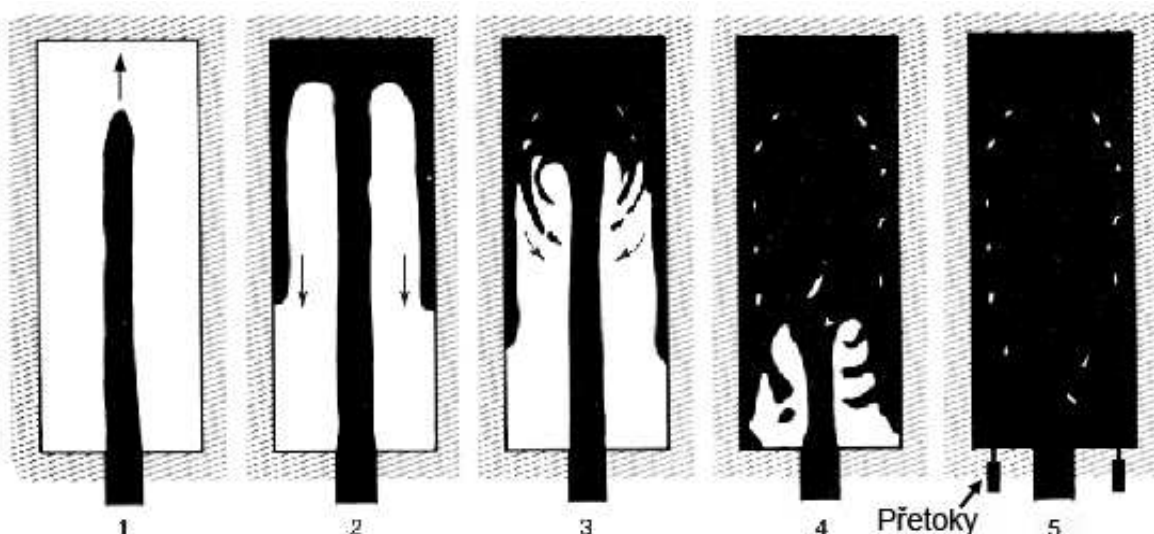
Nevýhodou je větší náchylnost k vnitřní nehomogenitě a také porezita, která ovlivňuje mechanické vlastnosti odlitků. Porezita se vyskytuje uvnitř odlitku a může se tak objevit po obrábění či dokončovacích operacích a být příčinou netěsnosti odlitků či vzniku trhlin<sup>16</sup>. Většina slitin má větší hustotu v pevném stavu v porovnání se stavem kapalným, a proto zde může porezita vzniknout v důsledku smrštění při tuhnutí. Ta je také způsobena plynem uzavřeným v odlitku, protože v důsledku vířivého proudění při plnění dutiny formy roztaveným kovem může v odlitku zůstat zachycený plyn, který nestačil uniknout průduchy<sup>6</sup>.

Vysoké investiční náklady vedou k nutnosti používat tento způsob výroby u velkosériových a hromadných výrob<sup>21</sup>. Využití tlakového odlévání je dáno omezeným rozsahem vlastností odlévaných slitin a kapacitou strojů, především jejich uzavírací síly a omezeným prostorem pro manipulaci s formami velkých rozměrů, z nichž některé mohou vykazovat hmotnost v řádech několika tun<sup>1</sup>. Tlakovým litím se vyrábějí především tenkostěnné odlitky, které už se následně minimálně opracovávají a největší uplatnění nacházejí především ve strojírenství, elektrotechnice, automobilovém a leteckém průmyslu<sup>19</sup>. Tímto způsobem odlévání je možno zpracovávat i slitiny, které nejsou vhodné pro výrobu odlitků klasickými metodami<sup>21</sup>.

#### **Plnění dutiny formy:**

Proces plnění dutiny formy je znázorněn v několika stádiích na Obr. 2.1. V závislosti na velikosti a tvarové složitosti odlitku trvá cca 0,05–0,15 sekund<sup>1</sup>.

1. Fáze – Roztavený kov vnikne do dutiny formy a v místě naproti vstupu narazí do stěny formy.
2. Fáze – Kov se dále šíří podél stěn v opačném směru zpátky k místu vniku do dutiny v podobě tenké povrchové vrstvy. Toto stádium je velmi důležité a odvíjí se od něj výsledná kvalita povrchové vrstvy odlitku.
3. a 4. Fáze – Následuje vířivé zaplňování zbytku dutiny ve směru ke vstupu do formy.
5. Fáze – Po zaplnění dutiny formy a přetoků proces končí.



Obr. 2.1 Schéma tečení kovu při tlakovém odlévání (1)

V určitých případech se plnění může uskutečnit v opačném směru, kdy se dutina formy může naplňovat postupně od vstupu ke vzdálenějším koncům. Tento děj je v důsledku tření na stěnách formy a v tomto případě musí být průduchy pro odvod vzduchu umístěny u vzdálenějšího konce dutiny formy<sup>1</sup>.

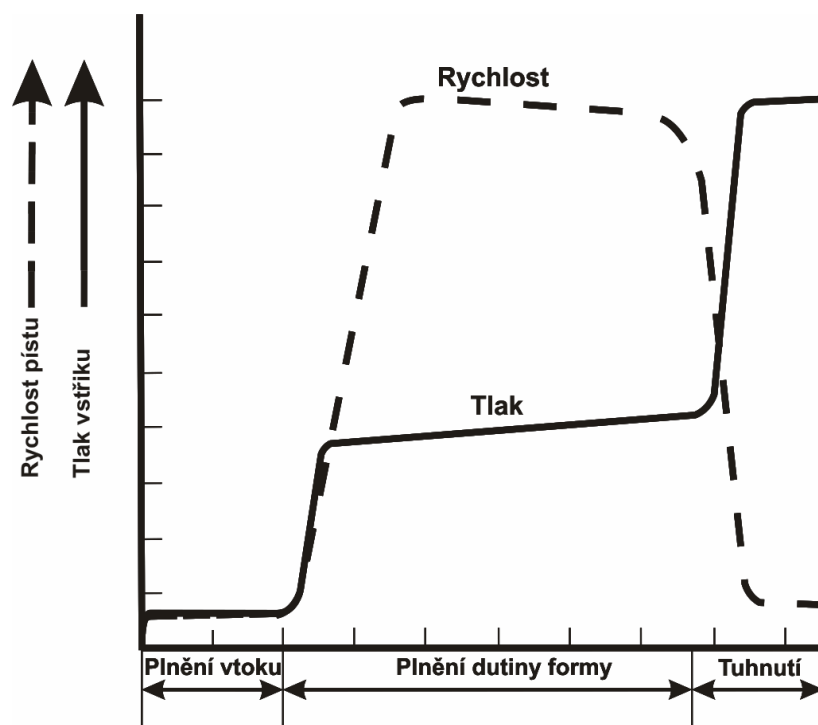
Vzduch je nežádoucím prvkem přítomným v dutině formy, který by měl být v co největší míře vytěsněn, aby nedocházelo k jeho pohlcování do tuhnoucí taveniny a tím ke zhoršování vlastností odlitku. K tomuto účelu napomáhají průduchy, kterými může být plyn odváděn. Průduchy musejí být umístěny v polohách, kde budou moci zplodiny efektivně odvádět a nedojde k zatopení jejich ústí roztaveným kovem ještě před dokončením procesu odlévání<sup>1</sup>.

### **Způsoby odvzdušnění:**<sup>2</sup>

1. Nejběžnější metodou pro vytlačení vzduchu je použití úzkých kanálků nazývaných průduchy, jejichž plocha by měla být přibližně 20 % plochy vstupu do dutiny formy. Umístění průduchů značně záleží na zkušenostech konstruktéra formy a dá se určit pomocí simulačních programů.
2. Další metodou pro odstranění části vzduchu je jeho vytěsnění do přetokových dutin, nevýhodou tohoto způsobu je však potřeba velkého objemu přetoků, což má za negativní následek snížení hodnoty využití materiálu.
3. Alternativním způsobem pro odvzdušnění je vysátí vzduchu ještě před započatím odlévacího cyklu, kdy po uzavření formy je otevřen ventil a vzduch z dutiny je vakuově vysán. Poté dojde k uzavření ventilu a může dojít k odlévacímu cyklu.

Při tlakovém odlévání je třeba sledovat a v případech potřeby i upravovat spoustu parametrů, které mají na proces vliv. Mezi tyto parametry patří uzavírací síla stroje, tlak vstřiku, rychlost pístu, teplota, čas cyklu a vývoj vstřikovacích podmínek, které je třeba optimalizovat. Příklad posuzovaných dat je uveden v Obr. 2.2, ze kterého je zřejmá malá rychlost pístu v průběhu

naplňování vtokové soustavy z důvodu vytěsňování vzduchu a následné prudké zvýšení rychlosti během počátku plnění dutiny formy. Tato rychlost zůstává blízko hodnot svého maxima v celém průběhu plnění dutiny a klesá zpět na své minimum ve fázi tuhnutí kovu. Naproti tomu tlak pístu prudce roste na svoji maximální hodnotu až po dokončení plnění formy a na této hodnotě zůstává po celou dobu fáze tuhnutí odlitku z důvodu minimalizování možného vzniku pórovitosti v důsledku smršťování a výskytu uvězněného vzduchu<sup>1</sup>.



Obr. 2.2 Schéma znázornění rychlosti pístu a změny tlaku v průběhu odlévání (1)

### **Vyjmutí z formy:**

Po odlití a ztuhnutí je třeba dílec vyjmout z dutiny formy. Tento proces se děje pomocí vyhazovačů, kdy po otevření formy je za pomoci hydraulického zařízení uvedena do chodu deska s vyhazovači, které zajistí vytlačení ztuhlého odlitku. Důsledkem gravitační síly spadne dílec na připravené dopravního zařízení, které ho přemístí k dalšímu zpracování. U odlitků větších rozměrů se odejmutí dílce může uskutečnit pomocí vytahovacího zařízení či robota, kdy je odlitek uchopen za svoji vtokovou část a vytažen z dutiny formy<sup>2</sup>.

**Příprava pro další cyklus:**

Další operací, která ve většině případů následuje, je příprava dutiny formy pro další cyklus. Dutinu je třeba ochladit pomocí postřiku a následným ofukem rozprostřeme postřik po celé ploše dutiny formy. Postřik má kromě chladícího účinku i mazací schopnost. Poté mohou být obě poloviny formy uzavřeny a může začít další odlévací cyklus. Počet ostřiků a ofuků je závislý na velikosti a složitosti formy, její teplotě a odlévaném materiálu. Čas pro tento proces může společně s vyjímáním odlitků z formy trvat až 40–50 % pracovního cyklu<sup>2</sup>.

**2.1.2 Slitiny pro tlakové lití**

Tyto slitiny musí být dobře slévateľné a kromě vhodných mechanických vlastností musí vykazovat i dostatečnou pevnost za tepla, což zaručuje, že při rychlém a brzděném smršťování odlitky neprasknou. Tlakovým litím lze odlévat slitiny s maximální tavicí teplotou cca 1000 °C, ale uplatnění zde nachází především slitiny s tavicí teplotou nižší<sup>16</sup>. Nejčastěji používané slitiny<sup>4</sup>:

- hliník se svojí hustotou  $2,7 \text{ kg.dm}^{-3}$  patří do kategorie lehkých materiálů a vykazuje dobrou rozměrovou stabilitu, mechanické vlastnosti, obrobitelnost, teplotní i elektrickou vodivost;
- měď je materiál s vysokou mezí pevnosti a tvrdostí, má velmi dobré mechanické vlastnosti, rozměrovou stabilitu a odolnost proti opotřebení;
- hořčík má nejmenší hustotu ( $1,74 \text{ kg.dm}^{-3}$ ) z odlévaných slitin;
- zinek je nejsnadněji odlévanou slitinou.

Tab. 2.1 Základní fyzikální vlastnosti neželezných kovů a oceli (1)

Kov	Měrná hmotnost [ $\text{kg.dm}^{-3}$ ]	Teplota tavení [°C]	Koeficient teplotní roztlačnosti [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]	Youngův modul pružnosti v tahu [MPa]
Ocel	7,85	1538	$12 \cdot 10^{-6}$	210 000
Hliník	2,70	660	$23,5 \cdot 10^{-6}$	70 600
Měď	8,96	1 085	$17 \cdot 10^{-6}$	129 800
Hořčík	1,74	1 038	$26 \cdot 10^{-6}$	44 700
Zinek	7,14	394	$31 \cdot 10^{-6}$	104 500

### 2.1.3 Charakteristika zinku

Zinek lze identifikovat již z dob starověku v řadě předmětů ze slitin mědi, které lze klasifikovat jako mosazi. Do těchto slitin však nebyl přidán jako legura, neboť jeho výroba ještě nebyla v tu dobu známa, ale byl náhodně přimíchán z použitých měděných rud<sup>18</sup>.

Z hlediska spotřeby je zinek čtvrtým průmyslově nejpoužívanějším kovem (po železe, hliníku a mědi), jeho nejčastější použití je k následujícím účelům<sup>18</sup>:

- protikorozní ochranné vrstvy na výrobcích ze slitin železa;
- slitina pro odlévání;
- legující prvek ve slitinách mědi, hliníku, hořčíku, případně dalších prvků;
- slitiny zinku pro tváření;
- oxid zinku.

Nová a Krýslová<sup>17</sup> uvádí: „Jedná se o namodrale bílý kov krystalizující v hexagonální soustavě. Krystalická struktura má vliv na jeho anizotropii vlastností (např. tepelnou vodivost, tepelnou roztažnost, pevnost v tahu atd.). Zinek a jeho slitiny se pokrývají vrstvou šedě zbarveného zásaditého uhličitanu  $4\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{CO}_2$ , která je ve vodě téměř nerozpustná a chrání odlitek před oxidací.“

Tab. 2.2 Základní charakteristiky zinku (9,1)

Měrná hmotnost [ $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ]	7,14
Teplota tavení [ $^{\circ}\text{C}$ ]	394
Bod varu [ $^{\circ}\text{C}$ ]	906
Koeficient teplotní roztažnosti [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]	$31 \cdot 10^{-6}$

Ptáček a Ustohal<sup>18</sup> uvádí: „Zinek se v přírodě vyskytuje nejčastěji jako sulfid. Nejvýznamnější zinkovou rudou je sfalerit  $\text{ZnS}$ , zvaný též zinkové blejno. Sfalerit se pražením převádí na  $\text{ZnO}$ . Vedlejší produkt  $\text{SO}_2$  se zpracovává na kyselinu sírovou. Redukce oxidu zinečnatého na kovový zinek se provádí v retortových pecích ohřevem směsi koncentráту  $\text{ZnO}$  s drobným koksem při

*teplotě asi 1200 až 1300 °C. Zinek zbavený kyslíku a převedený za těchto vysokých teplot do plynného stavu je odváděn do sběrných předloh, kde při teplotě 600 °C kondenzuje. Touto technologií se získává zinek s čistotou asi 98 %, vyšší čistotu tohoto kovu lze dosáhnout elektrolytickou výrobou. Na vlastnosti zinku nepříznivě působí příměsi olova, železa, kadmia a cínu, méně škodlivé jsou příměsi arzenu, křemíku, antimonu, vizmutu, případně také stříbra.“*

Zinek sám nemá takové mechanické vlastnosti, aby mohl být použit jako samostatný konstrukční materiál. Lze ho použít ve slitinách s Al, Cu, Mg, Ti, Ni a Cr a tyto slitiny mají již dobré mechanické vlastnosti. Největší množství zinku se zpracovává na povlaky, kde zinek funguje jako obětovaný kov a katodicky chrání obnažená místa oceli<sup>9</sup>.

#### **2.1.4 Slitiny zinku**

Převážná část odlitků ze zinkových slitin se vyrábí tlakovým litím, ale slévárenské slitiny zinku lze zařadit do tří skupin:<sup>18</sup>

- slitiny pro tlakové lití;
- slitiny pro gravitační lití;
- slitiny pro méně obvyklé metody lití.

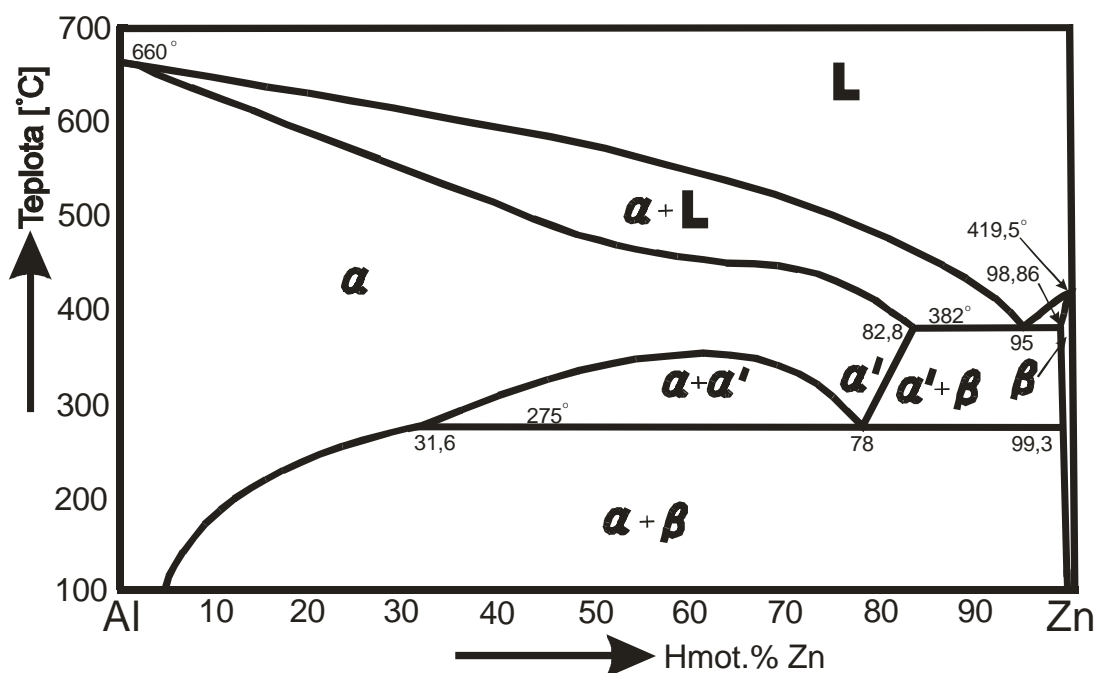
Slitiny zinku pro tlakové lití mají výborné slévárenské vlastnosti, lze je snadno povrchově upravovat, jejich cena na trhu není vysoká a mají dobré mechanické vlastnosti. V průběhu uplynulých let byly vyvinuty slitiny pojmenované obchodním názvem ZAMAK, které mají optimalizovaný obsah jednotlivých prvků<sup>18</sup>.

Tab. 2.3 Přehled chemického složení a mechanických vlastností slitin zinku (17)

Slitina	Al	Cu	Mg	Fe <sub>max</sub>	Pb+Cd <sub>max</sub>	Sn <sub>max</sub>	R <sub>m</sub> [MPa]
ZnAl4	3,9–4,3	0,1	0,02–0,05	0,075	0,009	0,001	160–180
ZnAl4Cu1	3,9–4,3	0,75–1,25	0,02–0,05	0,075	0,009	0,001	270–330
ZnAl4Cu3	3,5–4,3	2,4–3,2	0,03–0,06	0,075	0,009	0,001	420–480

Slitina ZnAl4Cu1 má výbornou slévatelnost, je vhodná pro tvarově složité dílce a téměř výhradně se používá při výrobě tlakových odlitků. Slitina ZnAl4Cu3 je podeutektická slitina, která se vyznačuje výbornými slévárenskými vlastnostmi. Dosahuje vysoce jakostní povrch, který je dovoluje s minimálními požadavky na další opracování upravovat galvanickým pokovováním. Vhodnost pro tlakové a odstředivé lití spočívá v rychlé krystalizaci odlitků ve formě<sup>30</sup>.

Základní bází slitin zinku je binární soustava Zn–Al obsahující 3,8–4,0 hmotnostní % hliníku, tedy slitina v blízkosti eutektického obsahu hliníku v soustavě Zn–Al. Interval tuhnutí těchto podeutektických slitin představuje jen několik °C. Často se do slitiny přidává hořčík za účelem zamezení praskání odlitků v důsledku vnitřních pnutí a také zabránění mezikrystalické koroze způsobené škodlivými prvky, jako je olovo, kadmium, bismut, cín a rtuť. Hořčík však zhoršuje slévárenské vlastnosti slitin, proto jeho obsah bývá pouze v setinách hmotnostních procent<sup>18,14</sup>.



Obr. 2.3 Diagram Al-Zn (18)

Mezi hlavní výhody slitin zinku se řadí vysoká přesnost odlitků s minimálními úkosity, minimální náklady na opracování, vysoká životnost náradí (až 5krát vyšší než u odlitků ze slitin Al), velmi jakostní povrch ( $R_a = 0,8\mu\text{m}$ ) a vyšší produktivita výroby<sup>17</sup>. Slitiny zinku jsou odolné proti působení benzínu a olejům, což je přímo předurčuje jako materiál pro výrobu karburátorů<sup>18</sup>.



Hlavní nevýhodou slitin zinku je poměrně vysoká hustota (2,4krát vyšší než u slitin Al)<sup>17</sup>. Slitiny zinku pro tlakové lití nejsou určeny pro součásti vystavené zvýšeným teplotám, protože už při teplotě nad 75 °C se při zatížení mechanickou silou projevuje jejich tečení a za teploty 110 °C dochází ke snížení jejich pevnosti v tahu o 30 % a tvrdosti o 40 %. Za teplot pod bodem mrazu dochází k jejich zkřehnutí<sup>18</sup>. Odlitky ze slitin zinku odlité pod tlakem mohou být korozně napadeny ve styku s destilovanou vodou, vodní párou, kyselinami a zásadami, ale například horká voda jim neškodí<sup>17</sup>.

### **2.1.5 Zinkové odlitky**

Odlévání zinku je v porovnání s odléváním hliníkových, měděných slitin či litinou méně citlivé na problémy s výskytem oxidických vměstků a pórovitosti, tloušťka stěny může být tenčí a jednotlivé detaily ostřejší<sup>5</sup>.

Jako povrchová úprava se nejčastěji používá galvanické pokovování, kterým se nanáší vrstva mědi, niklu, chromu, mosazi stříbra, případně i zlata. Zinkové odlitky mají výbornou opracovatelnost, lze je svařovat s redukční atmosférou a jsou-li galvanicky poniklovány, lze je i pájet běžnými Pb–Sn pájkami<sup>18,17</sup>.

#### **Odlévací teploty:**

Pro zinkové slitiny se odlévací teplota pohybuje v rozmezí 420–440 °C. U malých dílců a vysokém počtu vstříknutí do formy je neoptimálnější teplota kolem 425°C a u větších dílců a malém počtu vstříknutí do formy spíše 435 °C. Vložením studených housek do kelímku dochází k teplotním šokům, které vedou ke snížení kvality lití. Teplota nesmí v žádném případě překročit 450 °C, protože by se ze stěn kelímku uvolnily prvky železa a slitina by se znečistila. Naproti tomu při teplotách pod 410 °C se musí pracovat se zvýšeným lisovacím tlakem, aby se forma mohla správně plnit a v důsledku tohoto příliš vysokého tlaku mohou vznikat třením na určitých zúžených místech (tryska, kanál, vtok) příliš vysoké teploty, které vedou ke zvýšení opotřebení a tím i snížení životnosti licího aparátu<sup>38</sup>.

### **2.1.6 Stroje pro tlakové lití**

V průběhu rozvoje tlakového lití doznaly stroje po technické a konstrukční stránce velkých změn. Kromě nosné konstrukce se skládají z mnoha zařízení, která jsou nezbytná pro efektivní pracovní výkon a bezpečný provoz stroje. K jejich vysoké kvalitě přispěla aplikace moderních řídicích a elektronických prvků s využitím výpočetní techniky. Všechna tato opatření zvyšují produktivitu výroby a znamenají snížení počtu pracovníků, protože jeden pracovník může zajišťovat chod několika strojů zároveň<sup>16</sup>.

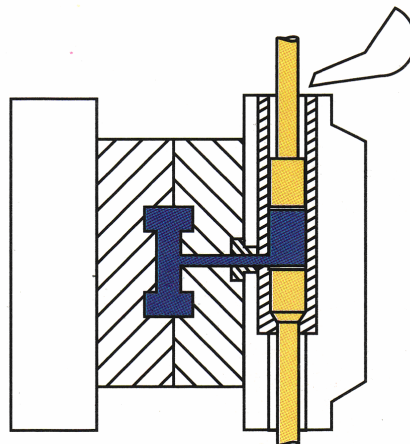
Součástí soudobých moderních strojů je zařízení pro ostřik a mazání pevné i pohyblivé části formy a automatická kontrola všech pohybů stroje v jednotlivých operačních fázích<sup>1</sup>. Ke strojům lze jako doplňková zařízení připojit roboty, manipulátory, kontrolní prvky i další příslušenství<sup>16</sup>, které velmi urychlují a usnadňují celý výrobní proces a napomáhají provádět přidružené operace, jako například vyjímání odlitků z pracovního prostoru stroje včetně jejich dopravy či odlamování vtoků.

Nedílnou součástí strojů je tavící pec, která slouží k roztavování základního materiálu například ve formě housek a následnému udržování teploty kovu na požadované hodnotě. Stává se tak zásobníkem roztaveného kovu a dochází zde k odplynování a případné chemické úpravě. Zásobník stejně jako ostatní části stroje, které jsou v kontaktu s roztaveným kovem, je vyroben nejčastěji z šedé nebo tvárné litiny a teplota roztaveného kovu je měřena a kontrolována teploměry. Kapacita pece je dána velikostí odlévacího stroje<sup>2</sup>. Podle typu stroje mohou být tavící pece přímo součástí strojů, nebo mohou být uloženy externě jako přídavné zařízení odlévacího stroje.

#### **a) Stroje se studenou komorou**

Stroje se studenou tlakovou komorou se používají u slitin s větší teplotou tavení, jakou je například hliník. Roztavený kov je udržován na konstantní teplotě ve vedlejší peci a přemístění slitiny do komory stroje může být vykonáno ručně nebo automaticky pomocí přečerpávacího zařízení či nalévací aparatury. Při procesu odlévání je licím otvorem naplněn roztavený kov do válcové komory, kde ho následně píst stlačí do formy. Po ztuhnutí je forma otevřena

a odlitek je z ní vytlačen. Celý tento cyklus trvá pouze několik sekund a lze zde použít větších tlaků, než je tomu u strojů s teplou komorou. Odlévání je méně náchylné k zachycení vzduchu, z čehož vyplývá menší smrštění odlitku při tuhnutí a tím i jeho vyšší kvalita<sup>1</sup>. Tyto stroje mohou mít komory umístěné vertikálně nebo horizontálně.



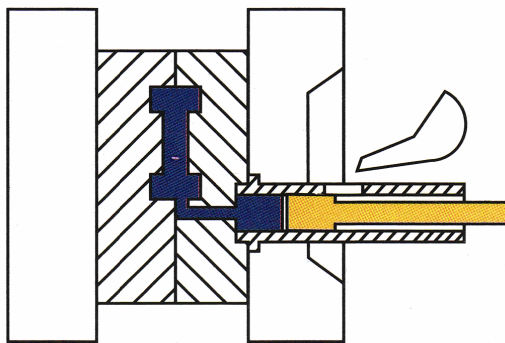
Obr. 2.4 Schéma tlakového licího stroje s vertikální studenou komorou (16)

Od uložení komory vertikálně se přechází k horizontální poloze komory díky následujícím výhodám: <sup>16,3</sup>

- roztavená slitina má kratší trasu z komory do dutiny formy, z čehož plyne nárůst pracovního výkonu;
- píst má lepší vedení, protože je při svém pohybu neustále v dutině komory a vstříkovací systém je tak jednodušší;
- snadnější mechanizace pístu;
- lepší využití kovu z důvodu menší vtokové soustavy;
- vyšší spolehlivost.

Píst se může pohybovat ve dvou rychlostních stupních, nejprve pomalu za účelem vytlačení vzduchu a poté rychleji v okamžiku, kdy kov dosáhne úrovně vstupu do dutiny formy<sup>5</sup>.

Nevýhody horizontálního uložení komory spočívají ve větší velikosti zařízení a nutnosti lepšího větracího systému dutiny formy<sup>3</sup>.

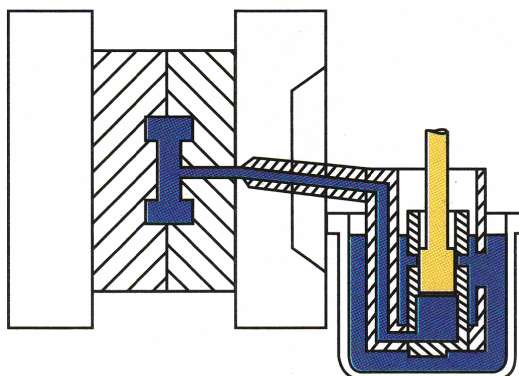


Obr. 2.5 Schéma tlakového lícího stroje s horizontální studenou komorou (16)

**b) Stroje s teplou komorou**

U stroje s teplou tlakovou komorou je roztavený kov udržován v tekutém stavu v zásobníku při teplotě nad teplotou tavení příslušného odlévaného kovu. Lící zařízení je ponořeno v roztaveném kovu a při procesu odlévání je kov tlačěn z komory pomocí pístu přes lící aparát do uzavřené formy, kde dojde k tuhnutí odlitku a po následném otevření formy i k jeho vyjmutí. Stroje s teplou komorou jsou využívány především pro odlévání zinkových slitin a v menší míře pro slitiny hořčíku. Nevhodné jsou pro slitiny hliníku a dalších slitin s vyšší teplotou tavení z důvodu nárůstu znečištění železem při dlouhodobějším kontaktu roztavené slitiny se stěnami reservoáru<sup>1</sup>.

V porovnání se stroji se studenou komorou je celý proces produktivnější a rychlejší v důsledku velmi krátké vzdálenosti, kterou musí kov urazit při každém cyklu stroje<sup>6</sup>. Předchází se také defektům, které mohou vzniknout v důsledku změny teploty pístu v jednotlivých stádiích odlévání<sup>5</sup>.



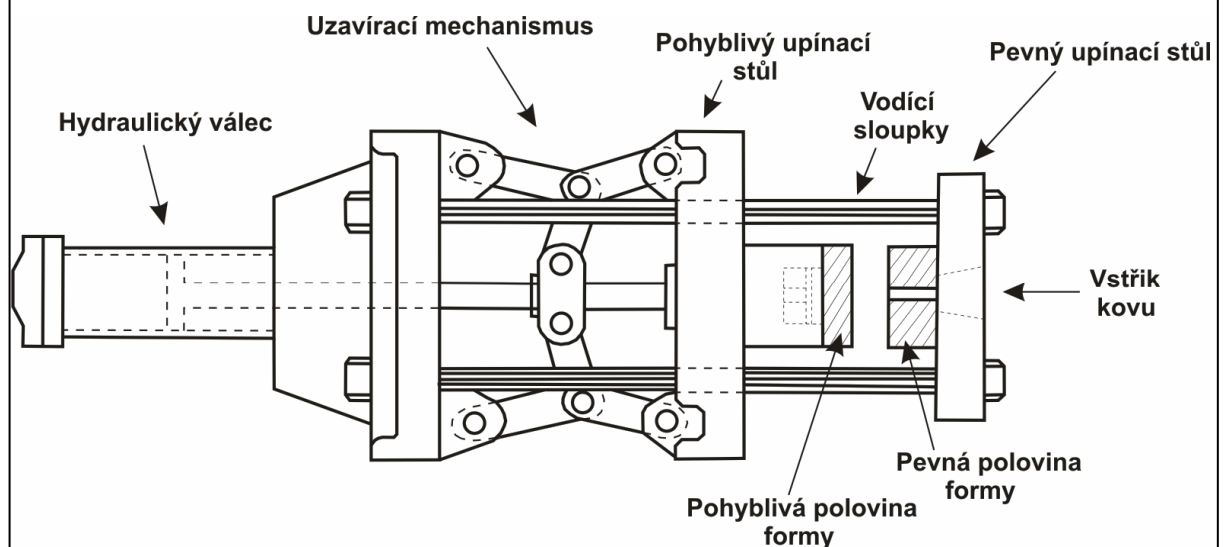
Obr. 2.6 Schéma tlakového lícího stroje s teplou komorou (16)

V současné době se vyrábějí tlakové stroje s velkou možností nastavení technologických parametrů, nebo se vyznačují svojí specifickou konstrukcí. Například metoda tlakového lití ve vakuu, kde tlaková forma, komora i píst tvoří uzavřený prostor a celý proces probíhá ve vakuu. Tohoto způsobu se využívá například u slitin hořčíku, kde odlitky neobsahují plynovou porezitu, oxidické vměstky a vykazují tak lepší mechanické vlastnosti než odlitky vyráběné běžnou metodou tlakového lití<sup>16</sup>.

### ***Uzavírací síla***

Klíčovým údajem pro odlévací stroje je hodnota uzavírací síly, která zaručuje, že v průběhu procesu odlévání a tuhnutí budou pevná i pohyblivá polovina formy navzájem uzavřeny, nedojde tak k jejich pohybu a tím i pootevření formy. Uzavírací síla je určena projekční plochou odlevu vynásobenou specifickým tlakem kovu v dutině formy a koeficientem složitosti formy (viz. (2.1)). Velmi vysoké uzavírací síly (někdy i v řádech několika stovek tun) jsou nezbytné u odlitků velkých rozměrů. Zatížení vyžaduje masivní konstrukci a dostatečnou tuhost strojů, což zaručí požadovanou přesnost výrobků<sup>1</sup>.

Základní princip uzavíracího mechanismu stroje je znázorněn na Obr. 2.7.



Obr. 2.7 Základní princip uzavíracího mechanismu stroje (1)

Pevná a pohyblivá polovina formy jsou upevněny na pevném respektive pohyblivém upínacím stole, který je ovládán hydraulickým válcem. Celá konstrukce je držena pohromadě pomocí 4 vodících sloupků. Uzavírání forem může být provedeno přímo pomocí hydraulického zařízení, ale ve většině případů je vyvozená hydraulická síla kombinovaná s mechanickým pákovým systémem za účelem redukce požadovaného tlaku a zabezpečení systému v případě selhání hydraulického zařízení<sup>1</sup>.

### **Určení velikosti stroje**

Krňávek a Skřítecký<sup>11</sup> uvádí: „*Určení velikosti stroje se provádí na základě výpočtu otevírací síly  $F_0$  v okamžiku zalisování kovu do formy*“.

$$F_0 = S_p \cdot p_s \quad (2.1)$$

$F_0$  – otevírací síla stroje [N]

$S_p$  – projekční plocha odlevu (odlitek včetně vtoků a přetoků) [m<sup>2</sup>]

$p_s$  – specifický tlak kovu v dutině formy [Pa]

Na základě zjištěné otevírací síly je vypočtena potřebná uzavírací síla stroje  $F_u$ :<sup>11</sup>

$$F_u = F_0 \cdot k \quad (2.2)$$

$F_u$  – uzavírací síla stroje [N]

$k$  – koeficient volený na základě složitosti formy (v případě, že forma je bez bočních jader s jednoduchou dělicí rovinou, volí se  $k = 1,1$ ; pokud jde o složitou formu s několika bočními jádry, používá se  $k = 1,2-1,25$ )

Uzavírací síla tlakového licího stroje musí být větší než síla otevírací. Podle vypočtené hodnoty  $F_u$  se zvolí tlakový licí stroj s nejbližší vyšší hodnotou uzavírací síly.

### **2.1.7 Formy pro tlakové lití**

Správná konstrukce licí formy je jedním z hlavních faktorů pro výrobu tvarově a rozměrově správných odlitků bez výskytu vad. Optimální konstrukční řešení formy včetně správného nastavení technologických a metalurgických parametrů dává předpoklad pro výrobu správných a kvalitních odlitků. Chyby v konstrukci formy se obtížně odstraňují a případné zásahy (např. zavařování vtoků) mohou jít na úkor snížení životnosti<sup>11</sup>.

Forma pro tlakové lití je komplexní sestavou složenou z několika set jednotlivých součástí z vysoce jakostní kalené nástrojové oceli<sup>10</sup>. Formy navržené pro odlévání zinkových slitin mohou být jen zřídka použity pro odlévání hliníku či slitin s větší teplotou tavení, protože zinkové odlitky mohou být navrhovány s menšími rádiusy a tenčími stěnami, naproti tomu formy pro slitiny s vyšší teplotou tavení mohou být pro odlévání zinkových slitin použity bez problémů<sup>2</sup>. Pro slitiny s nižším bodem tavení (např. zinek) by měla forma vykazovat hodnoty meze pevnosti 700–1100 MPa a pro slitiny s vyšším bodem tavení (např. měď) zhruba 1200–1600 MPa<sup>3</sup>.

Způsob výroby forem záleží na složitosti a také na požadované přesnosti odlévaných součástí, nejčastějšími operacemi při výrobě je frézování, broušení, řezání drátem a elektroerozivní obrábění<sup>10</sup>. Tyto způsoby výroby jsou velice náročné, a proto cena některých forem pro tlakové lití dosahuje výše několika statisíců až milionů korun a jejich použití je tedy z ekonomických důvodů vhodné pouze pro hromadnou výrobu<sup>19</sup>.

Správně odlitý výrobek je podmíněn správně navrženou konstrukcí odlitku i formy, proto výroba formy primárně vychází z výkresové dokumentace součásti, která je nejčastěji namodelovaná v některém z CAD systémů. Následně dojde ke zvětšení 3D modelu o hodnotu smrštění kovu v důsledku lineární roztažnosti odlévaného kovu a domodeluje se vtoková soustava, která ve formě rozvádí tekutý kov. Součástí vtokové soustavy jsou i přetoky a otvory pro odvod plynu vznikajícího při procesu odlévání<sup>19</sup>.

**Tlaková licí forma se skládá z:**<sup>20</sup>

- pevné poloviny formy – je upnutá na nepohyblivé desce stroje, neobsahuje vyhazovače a složité tvary odlitku, na kterých hrozí zachycení odlitku během otevírání formy;
- pohyblivé poloviny formy – obsahuje hmotnější a složitější části odlitku, vyhazovací mechanismus, rozváděcí kanál s hlavními a vedlejšími vtokovými kanály, přetoky.

Vzájemná poloha jednotlivých polovin formy je zajištěna pomocí vodících kolíků<sup>1</sup>. Každá z těchto částí je tvořena rámem a vložkami s tvary dutin, které odpovídají tvarům budoucího odlitku. Vložky jsou povětšinou kalené, protože jsou nejvíce tepelně namáhané a v případě potřeby je možné je vyměnit. Součástí tlakových forem může být i další příslušenství, jako například jádra, vyhazovací desky, vyhazovače či tahače jader<sup>19</sup>. Důležitá je prevence vzniku případných poškození. Po určitém počtu cyklů je nutné formu zkontrolovat a případně provést drobné úpravy vložek či výměny jader<sup>8</sup>.

Nedílnou součástí je i chladicí a temperovací soustava, která se využívá při chlazení formy během sériového odlévání a naopak i při jejím vyhřívání na provozní teplotu před zahájením lití<sup>19</sup>. Proces vyhřívání se provádí nejčastěji zevnitř formy za pomoci ohřívacího agregátu, může se uskutečnit i zvenčí, ale pouze velmi pomalu a ze všech stran při mírném plameni. Dosažená provozní teplota licí formy pro odlévání zinkových slitin je udržována pomocí temperovacího zařízení v rozsahu teplot 50–120 °C. Teploty nastavené na regulátoru temperovacího přístroje však nejsou teploty licí formy, nýbrž teploty protékajícího temperovacího oleje v přístroji<sup>37</sup>.

K dosažení co největší produktivity při odlévání tvarově menších výrobků mohou být použity násobné formy, ve kterých je možné odlévat několik dílců najednou v jednom pracovním cyklu<sup>1</sup>.

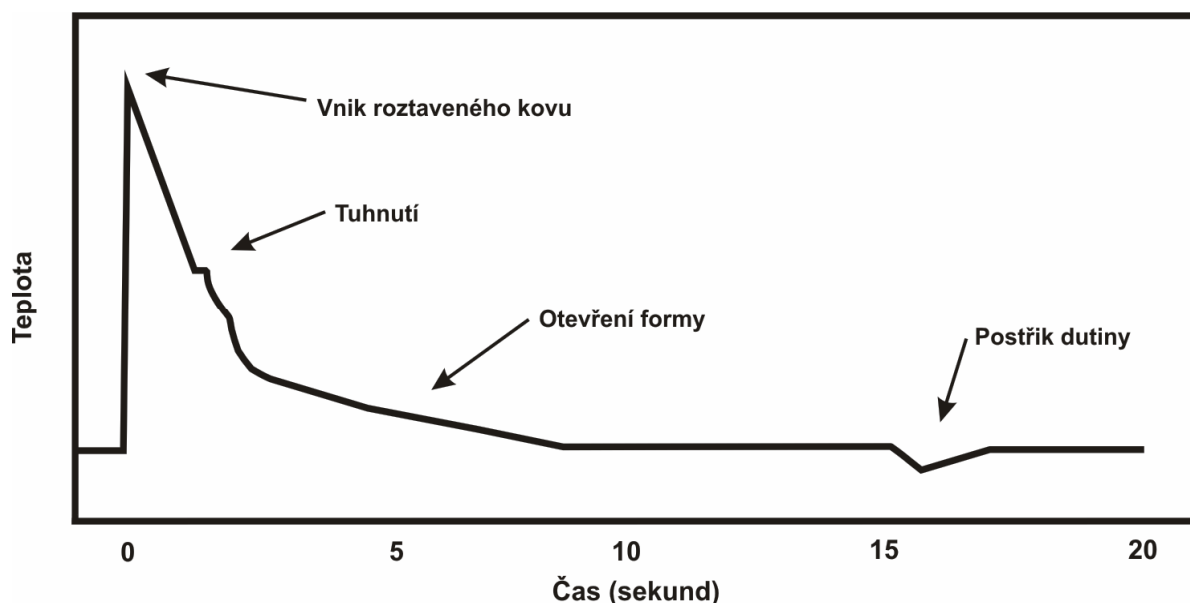
**Základní charakteristika forem pro tlakové lití:**<sup>19</sup>

- musí odolávat vysokým tlakům rozsahu 6–40 MPa (dle tvarové složitosti a velikosti odlévaných součástí);



- povrch vnitřní dutiny formy musí být hladký;
- konstrukce formy musí umožnit vyjmutí odlitého modelu.

Forma musí snášet při jednotlivých fázích odlévání teplotní rozdíly, které ovlivňují její životnost. Jak je zřejmé z Obr. 2.8, okamžitě po vniknutí roztaveného kovu do dutiny formy dochází k prudkému nárůstu teploty na maximální hodnotu. Od míst styku s dutinou formy začne kov rychle tuhnut a dochází i k poklesu teploty formy v důsledku odvodu tepla temperovacím zařízením. Po ztuhnutí odlitku a otevření formy spojené s vyhozením hotového dílce pokračuje s menší intenzitou ochlazování až do dosažení teplotní rovnováhy celého aparátu formy. Před započítím dalšího odlévacího cyklu dochází k postřiku dutiny vhodným médiem, který zajišťuje mazání a způsobí i krátkodobé ochlazení, avšak v důsledku přenosu tepla se teplota navrátí na původní hodnotu a forma je připravena k dalšímu cyklu<sup>6</sup>.



Obr. 2.8 Závislost teploty povrchu dutiny formy na čase v průběhu jednoho cyklu (6)

Velmi důležitým faktorem je materiál formy. Pro slitiny s vyšším bodem tavení jsou materiálem forem litiny a žáruvzdorné oceli<sup>1</sup>. Životnost formy je závislá především na teplotě, které je vystavena v průběhu své činnosti<sup>2</sup>.

**Odzkoušení formy:**

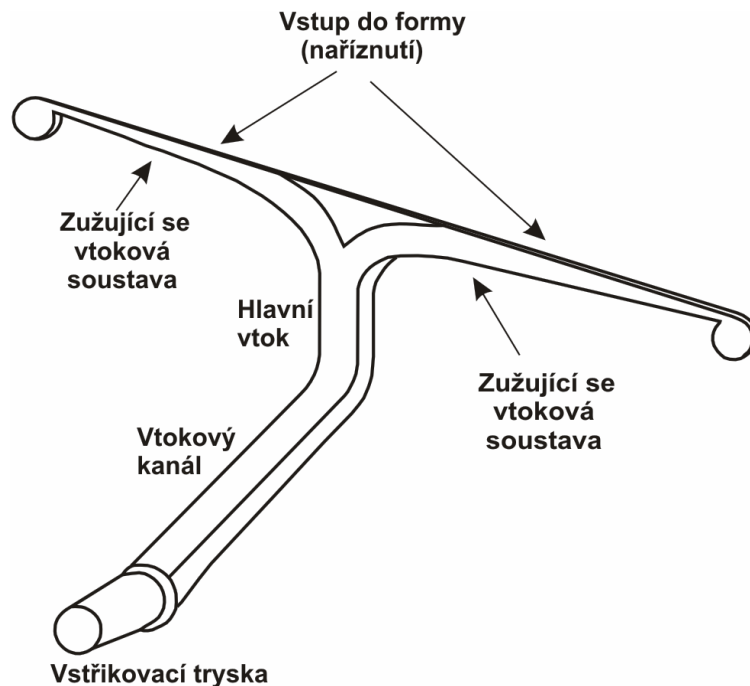
Po vyrobení a kompletaci je třeba formu odzkoušet ve zkušebním provozu, zda její části splňují všechny požadavky a zda je forma schopna vyrábět odlitky v požadované kvalitě. Dojde k odlití zkušební série odlitků a posuzuje se jejich jakost a jednotlivé parametry. Je-li odlitek bez závad, může být započata samotná výroba, ale pokud se vyskytnou nějaké nesrovnalosti, je třeba zajistit jejich nápravu. Tyto nesrovnalosti se mohou týkat technologických úprav (tzn. pracovních parametrů lití, chlazení formy, předehřevu formy, vtokové soustavy, odvzdušňovacího systému), v horším případě i konstrukce formy či samotného odlitku<sup>7</sup>. Následuje druhá zkouška formy a vzorkování, při kterém vyrobíme vzorky, které jsou následně odeslány zákazníkovi pro schválení. Je-li jeho stanovisko na kvalitu dílců kladné, je forma připravena k produkci výrobků a lze začít se sériovou výrobou odlitků.

**2.1.8 Vtoková soustava**

Řádný proces plnění dutiny formy závisí na dodání dostatečného množství kovu o náležitě teplotě, čistotě, složení a kvalitě. Mezi zásobníkem roztaveného kovu a formou se nachází vtoková soustava, kterou je kov dopravován z tavící pece do dutiny formy. Celý tento proces se děje pod tlakem a proto ke vstříknutí kovu dochází velmi velkou rychlostí a čas plnění dutiny formy je velmi krátký, někdy i v řádech milisekund. Průvodním jevem je i určitá ztráta tepelné energie dopravovaného kovu v důsledku výměny tepla s vtokovou soustavou.

Správné navržení této vtokové soustavy má mimořádný význam při následném procesu plnění dutiny formy. Základní prvky vtokového systému jsou znázorněny na Obr. 2.9. Po vyvinutí tlaku v zásobníku putuje roztavený kov vstříkovací tryskou do vtokového kanálku a následně hlavního vtoku, kterým je rozváděn do zužující se vtokové soustavy, která podle potřeby rozvádí kov na patřičná místa odlévaného dílce. Za účelem minimalizování plochy povrchu vtoku a vyplývajícím tepelným ztrátám se tvar těchto vtoků navrhuje válcový nebo lichoběžníkový. Je zde nápadná změna tvaru vtoku v přechodu mezi masivnějším hlavním vtokem a velmi tenkým vstupem do

dutiny formy. Tato úzká část se nachází po celé délce styku vtokové soustavy a dutiny formy, nazývá se naříznutí, a umožňuje odlomení vtokové soustavy od ztuhlého odlitku<sup>2</sup>.



Obr. 2.9 Schematické znázornění vtokového systému pro stroje s teplou komorou (2)

Součástí odlitku jsou i přetoky, které slouží jako zásobníky pro přebytečný materiál nebo části, za které může být dílec uchycen či pomocí kterých může dojít k vyhození odlitků z formy. Nevýhodou je nižší procento využití materiálu, protože tyto přetoky jsou z hlediska finálního produktu nadbytečné<sup>2</sup>.

## 2.2 Odlamování přebytečných částí

Součástí ztuhlého odlitku, který je vyhozen z formy, jsou i další elementy, jako například vstupní nálitky, průduchy pro odvod vzduchu a přetoky, které je nezbytné od odlitku oddělit. Tento proces odlamování může být vykonáván manuálně, ale pro větší objem výroby je výhodné využít zařízení, které pracuje v automatickém pracovním cyklu. K odlamování dochází většinou ihned po odlévacím procesu, protože vyšší teplota dílců redukuje mez pevnosti materiálu. Podmínky odlamování přímo ovlivňují vzhled součásti a podle finálního využití dílců se do technologického postupu výroby součásti mohou ještě přidat procesy obrábění či broušení<sup>2</sup>.

### **Slévárenské využití materiálu**

Velikost slévárenského využití materiálu svědčí o vyspělosti použité výrobní technologie. Čím větší hodnota je dosažena, tím více firma ušetří na nákladech na přetavbu<sup>20</sup>.

Slévárenské využití materiálu:<sup>20</sup>

$$\eta = \frac{m_h}{m_s} \cdot 100 \quad (2.3)$$

$\eta$  – slévárenské využití materiálu [%]

$m_h$  – hrubá hmotnost odlitku [kg]

$m_s$  – surová hmotnost odlitku [kg]

## **2.3 Proces omílání**

Prakticky v každém z přetvárných procesů vznikají nerovnosti, otřepy a znečištění povrchu výrobků. Pomocí procesu omílání lze tyto nedostatky odstranit a připravit tak výrobky pro další operace. Tato technologie umožňuje nahradit drahou ruční práci a výhodou je, že v závislosti na jejich velikosti lze omílat desítky až stovky obrobků zároveň a mnohonásobně tak vzrůstá produktivita práce<sup>13</sup>. Omílání se provádí zejména před finální povrchovou úpravou, neboť tvarově stabilizuje povrch, zvyšuje tvrdost, čistí od nečistot a zaobluje ostré hrany, které vznikly při odlamování vtoků a přetoků od odlitků.

### **Druhy omílání:**

#### **a) Vibrační omílací zařízení**

Princip vibrační metody omílání spočívá v kontinuálním vzájemném pohybu obrobků s masou omílacích tělísek<sup>13</sup>. Nádoba omílacího zařízení může mít tvar kruhový, do spirály nebo žlabu<sup>33</sup>. Kruhový tvar nádoby má oproti spirálovému výhodu v tom, že omílané předměty nemusí na konci spirály při pracovním procesu padat dolů, čímž zabráníme případnému poškrábání či deformaci dílců<sup>29</sup>. Tímto způsobem lze provádět:

- odjehlování;
- zaoblování hran;
- hrubé a jemné obrušování;

- odokujování a moření;
- odmašťování a antikorozi ochrana;
- vyhlazování a leštění.

#### **b) Odstředivé omílací zařízení**

Tyto stroje mají pevný plášť a rotující dno, které uvádí do pohybu masu omílacích tělísek a obrobků. Působením odstředivé síly vystupuje masa tělísek vzhůru podél stěny pracovního prostoru až do bodu, kde má nulovou kinetickou energii. Návrat tělísek zpět na rotující dno poté způsobí gravitace a tento proces se neustále opakuje. Velké odstředivé síly způsobují vysoký tlak a omílací tělíska společně s obrobky vykonávají složený spirálový pohyb. Tento druh omílání vyniká vysokým brusným výkonem, který je zhruba 10krát větší než u vibračních strojů a dosahuje se tak krátkých pracovních časů<sup>13</sup>.

#### **d) Rotační omílací stroje**

V těchto strojích se omílání provádí klasickým rotačním způsobem a lze v nich provádět všechny základní omílací technologie. Výhodou jsou velice nízké pořizovací náklady<sup>29</sup>.

#### **c) Ucelené výrobní linky**

Jsou tvořené několika stroji, například vibračním omílacím strojem, sušičkou a recyklační odstředivkou<sup>31</sup>. Pracovní proces těchto strojů na sebe navazuje a jejich hlavním přínosem je ekonomický provoz. Využívají je především malé a středně velké firmy<sup>13</sup>.

Volba strojního zařízení vychází z velikosti součástí, které se mají omílat, jejich tvaru a požadovaného vzhledu obrobků<sup>13</sup>. Tento proces může trvat od několika minut po jednotky hodin v závislosti na velikosti a tvaru výrobků a omílacích tělísek<sup>27</sup>. Omílací tělíska jsou vyráběna v široké škále geometrických tvarů a velikostí. Podle tvaru dílců lze použít omílací tělíska keramická, která se vyznačují větší měrnou hmotností a vysokou intenzitou omílání. Plastová omílací tělíska jsou vhodná pro dílce z měkkých materiálů a jejich výhodou je, že se neodštěpují<sup>13</sup>.

Do prostoru nádoby stroje se nalévá procesní kapalina, jejíž úlohou je odvádět teplo vznikající při tření omílacích tělísek mezi sebou a o obrobky. Procesní kapalina se skládá z vody a compoundu, který udržuje omílací tělíska čistá a abrazivní a dále jako přísada napomáhá k odstraňování zbytků rzi, okují či nežádoucích zabarvení po předchozích tepelných úpravách a také obrobek konzervují a chrání proti oxidaci<sup>13</sup>. Compoundy existují v kapalné, práškové a pastové formě<sup>33</sup>.

Nedílnou součástí této technologie je i zařízení pro úpravu a recyklaci procesní kapaliny, protože tato kapalina obsahuje otěr z omílacích tělísek a obrobků stejně tak jako zbytky oleje. Proto musí být kapalina před vypuštěním nebo opětovným použitím řádně vyčištěna. Tato recyklace probíhá za pomoci flokulantů a koagulantů, které oddělí vodu od pevných částic, vytvoří hutnou vrstvu kalu a recyklovaná voda se může opětně použít v omílacím procesu<sup>13</sup>.

## 2.4 Proces odmaštění a čištění

Po omílání jsou na dílcích zbytky nečistot a mastnoty, které ulpěly na povrchu a mohly by zapříčinit korozi. Proto je třeba tyto nežádoucí nečistoty odstranit a k tomuto účelu se využívá procesu odmašťování, při kterém dochází k předúpravě povrchu dílců pro následné nanášení kovových povlaků či laků.

Odmašťování je souhrnný název pro odstraňování všech druhů nečistot, které jsou k povrchu kovu vázány buď fyzikálně (látky mastného charakteru) nebo adhezními silami (jemně rozptýlené anorganické nečistoty, prach, kovové třísky). Úkolem odmašťovacích přípravků je uvolnění těchto nečistot z povrchu kovu, převedení do roztoku či emulze a zabránění jejich zpětnému usazení na kovovém povrchu dílce. Provádí se bez podstatného úběru materiálu<sup>34</sup>.

### **Nejvíce rozšířené postupy odmašťování:**<sup>34</sup>

#### **a) V organických rozpouštědlech**

Mastné látky se na povrchu kovu rozpustí a zároveň se uvolní i ostatní ulpělé nečistoty. Organická rozpouštědla většinou nezpůsobují korozi a s jejich pomocí se mohou odstranit i silné vrstvy mastných nečistot. Nevýhodou je však

skutečnost, že organická rozpouštědla nevyhovují požadavkům bezpečné a zdravotně nezávadné práce. Z důvodu poměrně nízkých nákladů se tato rozpouštědla používají v menších firmách.

#### **b) V alkalických roztocích**

Nejvíce rozšířený způsob čištění kovového povrchu, především v galvanice. Alkalické odmašťovače bývají obohaceny povrchově aktivními látkami a proces se provádí většinou ponorem nebo postřikem. Oproti organickým rozpouštědlům je levnější a bezpečnější, odpadní vody však musí být likvidovány (neutralizovány) v čistírnách odpadních vod.

#### **c) Pomocí detergentů**

Používání povrchově aktivních látek umožnilo podstatné zvýšení kvality, urychlení procesu i snížení pracovní teploty. Detergenty lze aplikovat ručně, ponorem i postřikem včetně vysokotlakého postřiku. Pro každou aplikaci je nutné zvolit vhodný přípravek vyhovující zvolené odmašťovací technologii. Velkou předností je skutečnost, že obsahují z více jak 90 % látky biologicky odbouratelné a tedy snadno likvidovatelné.

#### **d) Emulzní odmašťování**

Využívá jak přímého rozpouštění mastnot v organickém rozpouštědle, tak i jejich emulgaci ve vodním prostředí. Tato metoda je velmi účinná i na značně znečištěné povrchy a velké konstrukční celky. Provádí se při ponoru, potíráním a postřikem při normální či zvýšené teplotě. Odpadní vody musí před vypouštěním do kanalizace projít úpravou.

#### **e) Odmašťování pomocí ultrazvuku**

Uplatňuje se zejména při čištění povrchu profilovaných součástí, u nichž se nedosahuje dobrých výsledků při použití běžných čistících prostředků, zvláště při odstraňování nečistot z různých záhybů nebo malých otvorů. Tento způsob je použitelný pouze u předmětů menších rozměrů.

#### **f) Odmašťování pomocí páry**

Aplikuje se obvykle u rozměrných povrchů a zařízení, jedná se o velmi účinnou metodu na odstraňování zaschlých, zapečených, připálených a jiných nečistot.

## 2.5 Povrchová úprava

Velmi často se pro dokončování odlitků ze zinkových slitin využívá některého z druhů povrchové úpravy. Nejčastěji se jedná o galvanické pokovování, při kterém se nanáší vrstva mědi, niklu, chromu, mosazi, stříbra, případně i zlata na povrch elektricky vodivého povrchu<sup>18</sup>.

### 2.5.1 Galvanické pokovování

Jedná se o elektrochemický proces, při kterém se z vodných roztoků solí vylučuje stejnosměrným proudem kovový povlak na zušlechťovaném dílu, který je spojen s katodou. Pokovování probíhá ve speciálních lázních pomocí elektrického proudu, pro který musí být k dispozici dostatečně výkonný zdroj. Pro tyto účely se používá nízké napětí v rozmezí 2–12 V a poměrně velký proud o hodnotách 100 i více ampérů. Anody jsou většinou vyrobeny ve formě plechů nebo desek ze stejného kovu, jaký se vylučuje na povrch zušlechťovaného dílu<sup>25</sup>.

Malé součásti je možné pokovovat ve skleněných nebo porcelánových nádobách, pro větší součásti se používají velké vany, které jsou většinou z ocelového plechu a vyložené různým materiálem podle složení lázni a pracovních teplot (novodur, pryž, sklo)<sup>25</sup>.

Galvanickým způsobem lze vylučovat prakticky všechny kovy a slitiny, i když mohou mít řadu odlišných vlastností než hutnicky připravené kovy. Povlaky slouží k vytvoření dekorativního vzhledu, protikorozní ochraně méně ušlechtilých kovů nebo z důvodu funkčních vlastností povrchu součásti, jako je otěruvzdornost, tvrdost, elektrická vodivost, nízký koeficient tření apod<sup>24</sup>.

### 2.5.2 Niklové povlaky

Krejslová a Pacák<sup>12</sup> uvádí: „Elektrolytické niklování je druhou nejrozšířenější technologií elektrolytických povrchových úprav v ČR. Nikl je kov relativně odolný proti koroznímu napadení, a to i v silně agresivním prostředí. V běžných atmosférických podmínkách nikl prakticky nekoroduje – řádově mikrometry za rok. Povlaky niklu pro technické účely jsou předepsány pro různé



*aplikace, např. ke zvýšení tvrdosti, odolnosti proti otěru, zlepšení charakteristik únosnosti, odolnosti proti tvoření okují, odolnosti proti korozní únavě a k jiným zlepšením povrchových vlastností.“*

Základními parametry elektrolytických povlaků niklu jsou přilnavost, tloušťka, pórovitost, korozní odolnost a tvrdost. Protikorozní ochranné působení niklu je úměrné tloušťce povlaku. V případě, že je povlak niklu porézní, dochází ke korozi základního, méně ušlechtilého kovu. Doporučené tloušťky niklových povlaků závisí na požadavcích zákazníků, pohybují se v rozmezí 10 až 40  $\mu\text{m}$ . Elektrolyticky vyloučené povlaky nesmí mít na funkčním povrchu zřetelně viditelné vady, jako jsou puchýře, důlky, drsná místa, trhliny, nepokovená místa, skvrny nebo různě zbarvená místa<sup>12</sup>.

Pracovní teplota lázně závisí na druhu nanášených povlaků (matný či pololesklý) a pohybuje se v rozmezí 25–70 °C, základní složkou lázně je síran nikelnatý<sup>25</sup>.

Poniklováním je dosaženo zarovnání mikroskopických nerovností<sup>23</sup> a významnou výhodou těchto povlaků je jejich dekorativní vzhled. Při déletrvajícím vlivu atmosféry však niklová vrstva tmavne, proto se ještě může potahovat tenkou vrstvou chromu<sup>28</sup>.

### 3 SOUČASNÝ ZPŮSOB VÝROBY SOUČÁSTI

V první partii této kapitoly je stručně charakterizován vývoj konstrukce formy pro odlévání koncovek. V dalších částech je popsán současný výrobní postup, kterým je výrobek realizován při přeměně ze vstupní suroviny po konečný produkt. Jsou zde chronologicky popsány jednotlivé fáze výroby v pořadí, ve kterém na sebe ve skutečnosti navazují a nedílnou součástí jsou i základní údaje o výrobních strojích, nástrojích, materiálu a dalších příslušenství včetně popisu povrchové úpravy dílců.

#### 3.1 Historie této produkce

Tato forma stejně jako celá výroba koncovek byla do firmy převzata z výrobního procesu zahraniční pobočky. V počátcích výroby však celý odlévací cyklus provázely problémy s kvalitou odlitků, protože se často tvořily bubliny těsně pod povrchem dílce. Ty pramenily ze špatně navržené vtokové soustavy, kdy roztavený kov vnikal do prostoru dutiny formy po celé délce součásti a v důsledku víření kovu při plnění nestačil uniknout všechen vzduch z prostoru dutiny. Proto bylo nezbytné hledat řešení, jak předejít tomuto problému.

Protože výroba nové formy si v dnešní době žádá náklady v řádech statisíců až milionů korun, tak z ekonomického hlediska došlo na přelomu let 2008 a 2009 k úpravě vtokové soustavy za účelem zlepšení procesu plnění formy. Byla navržena vtoková soustava, která má ústí do dutiny formy po šířce odlitku, jak je znázorněno na Obr. 1.2. Celý systém je navíc doplněn o dva přetoky umístěné na opačné straně odlitku. Tímto řešením se předešlo vzniku bublin a došlo k úspoře vysokých nákladů na výrobu nové formy.

#### Slévárenské využití materiálu:

$$\eta = \frac{2 \cdot m_d}{m_s} \quad (3.1)$$

$m_d$  – hrubá hmotnost jednoho dílce ( $m_d = 0,0376 \text{ kg}$ )

$m_s$  – surová hmotnost odlitku ( $m_s = 0,1724 \text{ kg}$ )

Po dosazení do vztahu (3.1 činí slévárenské využití materiálu 43,62 %. Toto využití materiálu je nízké a je nevýhodou nově navržené vtokové soustavy. Veškerý nevyužitý materiál se však následně opět zpracovává jako vratný materiál, kdy jeho přetavením dochází k opětovnému použití při odlévání jiných zinkových výrobků.

### 3.2 Pracovní postup

Výroba všech typů koncovek se skládá z několika na sebe navazujících operací, které vedou vytvoření hotového výrobku. Pracovní postup zahrnuje několik výrobních procesů:

- odlití;
- odebrání z dopravníku, vizuální kontrola povrchu dílu, ruční odlomení vtoků, třídění na levé a pravé kusy, vkládání do beden;
- omílání 1000 ks po dobu 2 hodin;
- praní, opláchnutí, osušení 1000 ks dílů v pračce;
- 100 % vizuální kontrola dílů, díly rovnat do přepravních palet, palety vkládat do kartónových krabic;
- povrchová úprava dílů, která se provádí v kooperaci s jinými firmami.

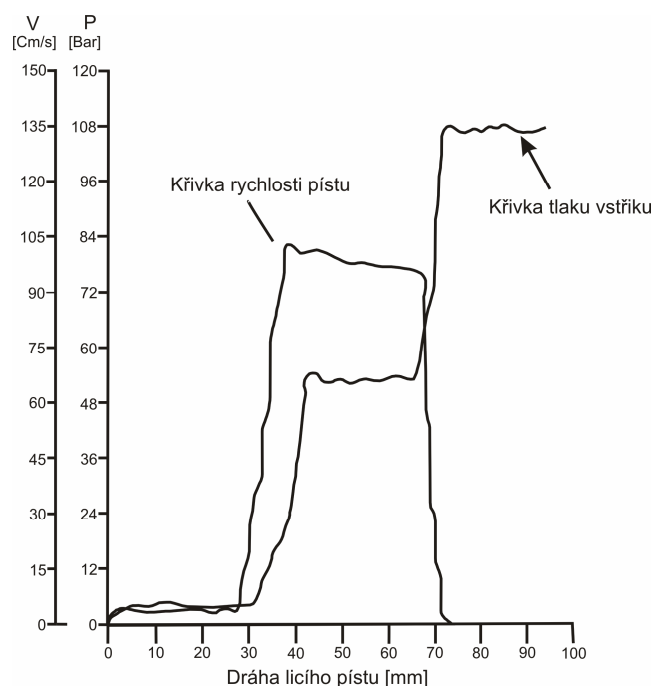
### 3.3 Odlévání odlitku

Odlévání probíhá v útrobách výrobních hal firmy a jedná se o první operaci v pracovním postupu při výrobě koncovek.

#### 3.3.1 Proces odlévání

Licí píst se nachází ve své horní poloze a prostřednictvím plnicích otvorů může do tlakové komory pístu protékat roztavený kov. V tomto okamžiku je počátek licího cyklu, který se skládá z několika fází.

- 1. fáze** – při rychlosti 1. fáze začíná průběh lisování, kdy po několika milimetrech zdvihu licí píst uzavře plnicí otvory. Píst posunuje pomalou rychlostí kov stoupacím vrtáním v licí jímce až k trysce, která je vytápěna elektrickými topnými tělisky, aby zde kov nezamrzl. Kov dále proudí tryskou do vtokového pouzdra formy, vtokového kanálu a pokračuje až po okraj naříznutí. Šířící se kov vytlačuje v licím aparátu a ve formě vzduch, který uniká průduchy. Čím pomalejší je rychlost 1. fáze, tím lepší je odvzdušnění.
- 2. fáze** – rychlost 2. fáze je vyšší než rychlost 1. fáze a přepnutí se odehrává prostřednictvím řídicího systému stroje. V této etapě se plní dutina a přetoky tlakového odlitku ve formě roztaveným kovem. Pro dosažení uspokojivé kvality povrchu odlitku, jsou vhodné krátké plnicí časy (do 20 ms pro odlitky určené ke galvanování a do 40 ms pro odlitky funkčního typu). Pro zjištění času plnění (viz. Obr. 3.1) se vychází z velikosti nejtenčí stěny odlitku.
- 3. fáze** – po vyplnění dutiny formy je ve 3. fázi dosažen dotlak potřebný pro těsný odlitek. Tohoto se dosáhne za pomoci licího pístu, který zůstává ještě krátký časový úsek v klidu. Velikost tlaku potřebného pro dotlak závisí na typu a rozměrech odlitku.



Obr. 3.1 Skutečná rychlost pístu a změna tlaku při procesu odlévání

Po zatuhnutí dílce ve formě se píst vrací do své výchozí polohy a po určitém časovém úseku pro zchladnutí odlitku se forma otevře. Odlitek s vtokovou soustavou zůstane viset v pohyblivé polovině formy do okamžiku, kdy ho systém vyhazovačů vysune z formy ven. Následuje ostříknutí mazacím sprejem pro tlakové lití, který slouží k ochlazení povrchu dutiny formy a dále k intenzivnímu mazání, aby nedocházelo k nalepování kovu na stěnu formy při následujícím licím cyklu. Po ofouknutí stlačeným vzduchem, který zajistí rovnoměrné rozprostření mazacího spreje po celé ploše dutiny formy, může započít nový licí cyklus. Některé ze základních parametrů odlévání, které byly odečteny z displeje licího stroje přímo při pracovním cyklu 14. 4. 2009, jsou uvedeny v Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Základní parametry odlévání (sledováno 14. 4. 2009)

Skutečný čas cyklu [s]	14,1
Čas dotlaku [s]	1,5
Čas tuhnutí [s]	4,1
Čas otevření [s]	1,9
Rychlost pístu 1. fáze [ $\text{m.s}^{-1}$ ]	0,13
Rychlost pístu 2. fáze [ $\text{m.s}^{-1}$ ]	1,58
Teplota materiálu [ $^{\circ}\text{C}$ ]	432
Teplota trysky [ $^{\circ}\text{C}$ ]	448
Teplota pevné a pohyblivé dutiny formy [ $^{\circ}\text{C}$ ]	155
Teplota nastavená na temperovacím zařízení [ $^{\circ}\text{C}$ ]	100
Skutečná dráha pístu [mm]	66
Počet vyjetí vyhazovačů	2

### 3.3.2 Materiál odlitku

Používaným materiálem pro výrobu koncovek je slitina zinku s přísadou hliníku a mědi ZnAl4Cu1 dle ČSN 42 3560, která nese označení také jako ZAMAK 5 či Zn 0410. Polotovár je tepelně nezpracovaný ve formě ingotů (housek) nebo bloků a je dodáván výrobcem v paletách po 85 ks. Základní údaje jsou uvedeny v Tab. 3.2 a kompletní informace a slitině jsou uvedeny jako Příloha 9.

Tab. 3.2 Základní údaje slitiny zinku pro lití pod tlakem (Příloha 9)

Vlastnost	ZnAl4Cu1
Obsah Al [%]	3,9–4,3
Obsah Cu [%]	0,75–1,25
Obsah Mg [%]	0,02–0,05
Maximální obsah Pb + Cd [%]	0,009
Maximální obsah Sn [%]	0,001
Maximální obsah Fe [%]	0,05
Obsah Zn	Zbytek
Nejnižší mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa]	220–250
Nejnižší pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	275
Nejnižší tažnost [%]	2–5
Nejnižší tvrdost podle Brinella HB	85

Tato slitina je velmi vhodná pro odlévací stroje s teplou komorou, protože roztavený kov má velmi nízkou afinitu k železu a proto je zde malé opotřebení na formě<sup>17</sup>. Slitina obsahuje cca 4% hliníku, dalšími přísadovými prvky jsou v malém množství měď a hořčík. Hliníkem a mědí se zlepšuje lití a viskozita slitiny, dosahuje se jemnější zrnitosti a zlepšení mechanických vlastností, obzvláště pevnosti, tvrdosti a rázové houževnatosti v ohybu. Nepatrné množství hořčíku rovněž zvyšuje pevnost a kompenzuje vliv nečistot<sup>30</sup>. Tyto slitiny mají výborné slévárenské vlastnosti, lze je snadno povrchově upravovat, jejich cena na trhu není vysoká a mají dobré mechanické vlastnosti<sup>17</sup>.

Doplňování kovu do kelímku pece se provádí manuálně vkládáním polotovárů ve formě housek, které se předem předehřívají, aby se snížil rozdíl mezi jejich teplotou a teplotou roztaveného kovu v peci za účelem snížení velikosti teplotního šoku.

### 3.3.3 Stroje pro odlévání

Odlévání zinkových odlitků je prováděno na moderních strojích typu DAW 80 S vyráběných firmou Frech. Jedná se o tlakový licí stroj s teplou komorou, který je určen výhradně pro odlévání zinku, cínu či olova. Pracovní

cyklus je řízen řídicím systémem a jeden pracovník tak může zajišťovat chod 5–ti pracovišť zároveň.

Tab. 3.3 Technické údaje o odlévacím stroji (37)

Typ stroje	DAW 80 S
Typ řízení	DATAVARIO
Provozní tlak [bar]	105
Pneumatický pracovní tlak [bar]	6
Přidržovací síla [kN]	900
Zdvih zavírání [mm]	280
Vyhazovací síla [kN]	61
Maximální licí síla [kN]	75
Velikost upínacích desek [mm]	540×540
Výška formy min. – max. [mm]	160–400
Průměr sloupku [mm]	65

#### **Základní části odlévacího stroje:**

- stojan – je základním prvkem celého zařízení, slouží jako nosná konstrukce stroje;
- licí zařízení – celé je umístěno pod hladinou roztaveného kovu v udržovací peci. K tomuto zařízení náleží licí jamka, která obsahuje tlakovou komoru, ve které je umístěn licí píst s pístními kroužky. Ty utěsňují licí píst proti tlakové komoře a tlak kovu je možné vyvinout pouze s dobře utěsněným pístem;
- elektrická indukční kelímková pec – je vhodná pro teploty zhruba do 450 °C a její automatické regulační zařízení je integrováno v separátní spínací skříni. Teplotu roztaveného kovu, stejně tak jako teplotu trysky, je možné sledovat na displeji spínací skříně;
- uzavírací mechanismus – je tvořen kloubovým mechanismem se čtveřicí vodících sloupků a často je kombinován s mechanickým pákovým systémem;

- hydraulické zařízení – slouží v vyvinutí tlaku pro otevírání a zavírání formy, dosažení specifického licího tlaku a pro zajištění pohybu vyhazovačů;
- pneumatické zařízení – jeho úlohou je otevírání a zavírání ochranných dveří, zajišťuje také pohyb zařízení pro ostřík a ofuk;
- ovládací zařízení – slouží pro zadávání výrobních parametrů do řídicího systému stroje;
- temperovací zařízení – zajišťuje zahřátí jednotlivých polovin formy před započatím výroby a při výrobním procesu slouží k ochlazování,
- chladicí zařízení – jedná se o chlazení vodou například pevné upínací desky, licího agregátu, odtahového válce, licího válce a i tlakové licí formy, pokud není připojena na temperovací zařízení. Průtočné množství se nastavuje ručními škrtícími ventily;
- ochranné prvky – chrání obsluhu stroje před úrazem.

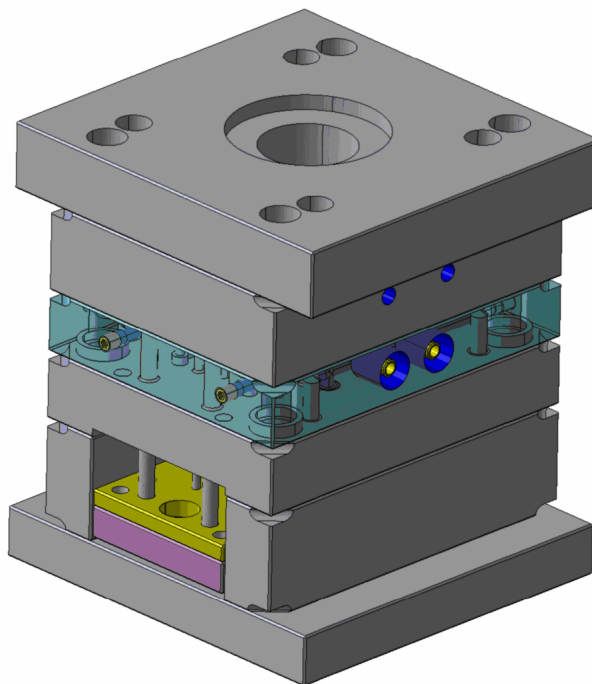
#### **3.3.4 Forma pro odlévání**

Kovová forma pro odlévání se skládá z mnoha součástí, které po sestavení tvoří kompaktní celek. Má vysokou akumulární schopnost, přispívá k vyšší rychlosti krystalizace (tuhnutí odlitku) a tím je dosaženo jemnozrnné krystalické struktury tlakově litých odlitků. Je vyrobena z materiálu 19 655 nebo častěji 19 552, která je kalena a popuštěna na 48+2 HRC. Jedná se o vysoce jakostní legovanou nástrojovou ocel s obsahem Cr, Mo, Si a V, která je určena na výrobu forem k tlakovému lití, nástrojů pro tváření a stříhání za tepla.

Forma se skládá z pevné a pohyblivé poloviny, jejichž upínání na pracovní desky stroje je realizováno pomocí upínek a vzájemná poloha musí být přesně ustavena. Nedílnou součástí formy je i vyhazovací deska s vyhazovači a další příslušenství, jako například jádra či tahače jader. Forma je 1 +1 násobná, což znamená, že na jeden pracovní cyklus dochází k odlití 1 kusu pravé a 1 kusu levé koncovky (viz.Obr. 1.2).



Uvnitř formy jsou dutiny, ve kterých cirkuluje procesní kapalina, která má za úkol dle potřeby formu ohřívat či chladit. Teplota temperovacího zařízení, které ovlivňuje teplotu tohoto média, je při výrobním procesu nastavena na hodnotu kolem 100 °C.



Obr. 3.2 Forma pro odlévání koncovek

### 3.4 Odlomení vtoků a přetoků

Po úplném zatuhnutí je odlitek vytlačen z formy pomocí vyhazovačů a prostřednictvím dopravníku je transportován k pracovníkovi, který manuálně odlomí vtokovou soustavu a všechny přetoky od dílců. Jelikož při jednom pracovním cyklu dochází k současnému odlití pravého i levého dílce, jsou tyto kusy tříděny do odlišných přepravních palet, aby nedošlo k jejich vzájemné záměně. Při tomto procesu je zároveň každý z dílců vizuálně kontrolován, zda se na jeho povrchu nevyskytují vady a při zjištění jakékoliv nesrovnalosti lze okamžitě pozastavit výrobní proces a zjednat nápravu. Dále je při této operaci manuálně odstraňován otřep, který může vzniknout při odlévání v průchozím otvoru dílců.

### 3.5 Omílání odlitku

Ve firmě je omílání prováděno v kruhových vibrátorech z důvodu široké tvarové a rozměrové rozmanitosti omílaných dílů. Jedná se o omílací stroje s nádobou ve tvaru mísy se šroubovitě vzestupným dnem a integrovaným separačním zařízením.



Obr. 3.3 Omílací stroj

Tyto vibrátory jsou určeny pro omílací broušení obrobků z kovů, neželezných kovů, plastů či gumy pomocí omílacích tělísek v hromadné výrobě. Nastavovat výrobní program a provádět změny do řídicího systému stroje lze pomocí dotykových tlačítek, které se nacházejí na ovládacím panelu. Stroj je opatřen protihlukovým víkem a umožňuje separaci dílců pomocí separačních klapek, které jsou ovládané pneumaticky. Z důvodu ekologické likvidace technologických vod je součástí zařízení i čistička odpadní vody, která vrací vodu pročištěnou od nečistot a pevných částic zpět do procesu omílání. Omílací tělíska se do pracovního prostoru stroje doplňují manuálně z pytlů, ve kterých jsou dodávány od výrobce.

### 3.5.1 Technická data omílacího stroje

Stroj vykonává vibrační pohyb, jehož výsledkem je rovnoměrný cirkulační pohyb obsahu pracovní nádoby. Omílací tělíska spolu s odlitky jsou uváděny do vzájemného relativního pohybu a vykonávají cirkulační pohyb kolem osy rotace proti směru hodinových ručiček a současně i rotační pohyb, při kterém dochází ke vtahování obrobků do omílací lázně. Omílání dílců probíhá především za rotačního pohybu a cirkulace směsi má své opodstatnění při vyjímání a separaci odlitků z omílacího zařízení. Pro řádný chod stroje je nutné mít stroj správně vyvážen a toho dosáhneme vhodným nastavením přídavných závaží umístěných v ose zařízení. Tyto závaží společně se změnou otáček elektromotoru lze použít při nutnosti zvýšení či snížení amplitudy kmitů vibrátoru.

Tab. 3.4 Technické údaje vibrátoru R 780 EURO (32)

Číslo stroje	42121/07
Celkový objem pracovní nádoby [l]	780
Šířka omílací mísy [mm]	440
Vnější průměr [mm]	1800
Otáčky vibračního pohonu [ $\text{min}^{-1}$ ]	1500
Otáčky separačního pohonu [ $\text{min}^{-1}$ ]	1000
Maximální výkon motoru při $1500 \text{ ot.min}^{-1}$ [kW]	7,5
Maximální odstředivá síla [N]	max. 80 000
Celková hmotnost zařízení [kg]	1020

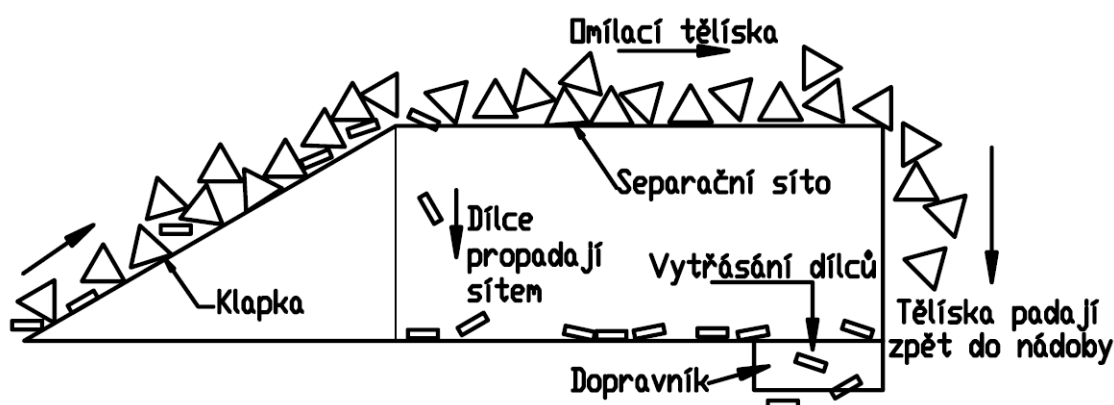
### 3.5.2 Pracovní postup omílání

Celý postup této operace probíhá v několika fázích, které jsou naprogramovány v řídicím systému stroje:

1. **Etapa opracování** – po zapnutí programu dochází k opatrnému vkládání odlitků do pracovního prostoru omílacího stroje, který v první části opracování (24 minut) pracuje za snížené frekvence vibrací, protože hrany odlitků jsou ostré a při plném výkonu by mohlo dojít ke vzájemnému potlučení dílců. Po částečném omletí je programem zvýšena frekvence vibrací na plný výkon a následuje čas doběhu, kdy

dochází k postupnému útlumu vibrací. Všechny tyto fáze probíhají podle předem definovaného harmonogramu a součet jejich pracovních časů činí celkem 66,9 minut.

2. **Etapa zpětného chodu** – po úplném zastavení stroje jsou po dobu několika sekund spuštěny reverzní otáčky, při kterých dochází k částečnému ústupu směsi omílacích tělísek a odlitků od místa, kde následně dosedá separační klapka. Je tak eliminována možnost zachycení omílacích tělísek a obrobků mezi dnem pracovní nádoby a klapkou.
3. **Etapa separace** – při nižším stupni frekvence vibrací motoru je směs omílacích tělísek a odlitků nadzvedávána separační klapkou na oddělovací síto. Dílce propadají sítím a jsou vytrásány na dopravník, zatímco omílací tělíska pokračují v pohybu na sítu a následně padají zpět do pracovní nádoby stroje, kde mohou opět vykonávat svoji funkci. Rozměry drážek v sítu musí být stanoveny tak, aby jimi obrobky snadno a rychle propadávaly, zatímco omílací tělíska nikoliv. Po separaci se klapka vrátí zpět do své původní polohy, ve které již nebrání cirkulačnímu pohybu omílacích tělísek a po kontrole a vyčištění síta je možné započít další omílací cyklus. Tato etapa separace včetně času doběhu trvá celkem 44,9 minut.



Obr. 3.4 Schéma separace

4. Za pomoci pásového dopravníku prochází dílce pračkou, kde dochází k jejich částečnému **omytí** od zbytků omílací lázně a následně jsou součástky opatrně uloženy do drátěných košů, ve kterých jsou transportovány na další pracoviště.

### 3.6 Odmaštění, proplachování a sušení odlitků

Po omílání je nezbytné obrobky odmastit a očistit od zbytků procesní kapaliny z omílací lázně, aby byly součástky připraveny pro další operaci. Toto se provádí v bubnovém odmašťovacím stroji WIR 4H/OSK umístěném v těsné blízkosti omílacího stroje. Toto zařízení je určeno k odmašťování drobných součástí použitím chemického mycího prostředku s možností následného sušení v jednom technologickém cyklu.

Dvoudílná vana stroje je vyrobena z nerezové oceli s vodotěsně vestavěnou přepážkou, která odděluje pracovní prostor stroje od zásobních nádrží pro mycí a oplachovou lázeň. Odmašťované součásti jsou uloženy v drátěném nerezovém koši s víkem, který rotuje kolem vodorovné osy pod soustavou trysek, do kterých je přiváděna mycí lázeň. Součástí mycí lázně jsou odmašťovací prostředky v nepěnlivé formě a dochází tak k odmaštění povrchu dílců, po kterém následuje opláchnutí obrobků od zbytku mycí lázně a nečistot, které mohly zůstat na jejich povrchu. Umyté dílce je třeba řádně vysušit a toto se děje pomocí horkého vzduchu, který je vháněn do pracovního prostoru stroje pomocí ventilátoru a jehož teplotu lze nastavit termostatem. Topení je elektrické se sériovými topnými tělesy a ohřívací komora sušícího vzduchu je tepelně izolována.

Celý tento technologický cyklus je řízen mikroprocesorovou jednotkou, která zajišťuje přesný sled jednotlivých operací v předem nastavených časových periodách a řídí tak celý chod stroje.

Tab. 3.5 Technické údaje o bubnovém odmašťovacím stroji (36)

Rozměry stroje [mm]	1800×1800×1570
Rozměry koše [mm]	408×300×608
Otáčky koše [min <sup>-1</sup> ]	4
Maximální hmotnost nákladu [kg]	50
Objem náplně mycí lázně [l]	200
Objem náplně oplachové vody [l]	200
Celková hmotnost stroje [kg]	530
Hlučnost stroje v místě obsluhy [dB]	80

### 3.7 Třídění a rovnání dílců

Po ukončení odmašťovacího procesu jsou dílce vyjmuty z drátěného koše a kontrolovány, zda nedošlo v předchozích operacích k jejich mechanickému poškození. Při tomto procesu jsou dílce rovnány do kartonových palet (Obr. 3.5). Každá paleta obsahuje zářezy pro 24 kusů dílců a jednotlivé kusy jsou odděleny, aby nedošlo k jejich poškození navzájem o sebe při transportu. Palety jsou po 5–ti či 7–mi kusech rovnány na sebe do papírových krabic, které jsou označeny etiketou udávající základní informace o typu přepravovaných dílců, a odeslány na další zpracování.



Obr. 3.5 Skládání dílců do palet a krabic

### 3.8 Povrchová úprava

Pro dosažení požadovaného vzhledu dílců je prováděna povrchová úprava, která může být vykonána dvěma způsoby:

- a) pomocí galvanického pokovování s následným nanesením vrstvy laku;
- b) přímo nanesením laku na povrch koncovek bez předchozího galvanického pokovování.

Jakoukoliv modifikaci musí předcházet důkladné odmaštění, očištění a osušení povrchu dílců, aby následná povrchová úprava bez závad vykonávala svoji funkci a měla požadovaný účinek.

### **3.8.1 Galvanické pokovování s nanesením vrstvy laku**

První operací povrchové úpravy je galvanické pokovování, při kterém je redukcí nikelnatých a měděných iontů na povrch zinkových odlitků elektrolyticky nanесena 20  $\mu\text{m}$  tenká vrstva niklu a mědi. Povrch dílce získá lesklý a třpytivý design a tato operace je prováděna ve spolupráci s firmou SPALECK. Následně je ve firmě Malenalak na dílce nanесena jedna vrstva laku (o tloušťce mezi 20 a 50  $\mu\text{m}$ ) s technickým označením OF934, což je směs laku s matovací pastou, pomocí které je docílen matnější povrch dílce.

#### Pracovní postup OF934:

- galvanické pokovování;
- kontrola čistoty povrchu;
- ofoukání nečistot;
- nástřik matného laku s matovací pastou;
- po odvětrání 20 minut při 25 °C sušit v peci 45 minut při 90 °C;
- po zchlazení na cca 25 °C provést zkoušku přilnavosti mřížkovou metodou a zkoušku na otěr.

V současné době se začíná prosazovat nová modifikace povrchové úpravy OF 934, kdy je na povrch dílců přímo nanесen jednovrstvý lak C66 a není již nezbytné provádět galvanické poniklování.

### **3.8.2 Přímé nalakování**

Při tomto zpracování se povrch koncovek upravuje pouze nanášením laku a získává tak podobu finálního výrobku bez předchozího galvanického pokovování. Tato operace je opět prováděna v kooperaci s firmou Malenalak a provádí se ve stříkacím boxu ručním lakováním. Přímé lakování povrchu koncovek se provádí pomocí 2 druhů laku:

**a) Povrchová úprava OF860** – dvouvrstvá povrchová úprava, při pracovním procesu dochází nejprve k nástřiku základní barvy a poté k nanесení vrchní metalízy. Povrch dílce získá lesklý odstín světle stříbrného zabarvení.

Pracovní postup OF860:

- kontrola čistoty povrchu;
- ofoukání nečistot;
- nástřik základní barvy;
- odvětrání 20 minut při 25 °C;
- nástřik vrchní metalízy;
- po odvětrání 20 minut při 25 °C sušit v peci 20 minut při 80 °C;
- po zchlazení na cca 25 °C provést zkoušku p řilnavosti mřížkovou metodou a zkoušku na otěr.

**b) Povrchová úprava OF892** – jednovrstvá povrchová úprava se světle stříbrnou barvou a polomatným stupněm lesku.

Pracovní postup OF892:

- kontrola čistoty povrchu;
- ofoukání nečistot;
- nástřik vypalovací metalízy;
- po odvětrání 20 minut při 25 °C vypálit v peci 45 minut při 130 °C;
- po zchlazení na cca 25 °C provést zkoušku p řilnavosti mřížkovou metodou a zkoušku na otěr.

**3.8.3 Použití jednotlivých povrchových úprav**

Tab. 3.6 znázorňuje, jakých druhů povrchových úprav se využívá u jednotlivých typů koncovek.

Tab. 3.6 Znázornění využití jednotlivých povrchových úprav

	OF860	OF892	OF934
<b>A1, A2</b>	x		x
<b>B1, B2</b>	x	x	x
<b>C1, C2</b>	x	x	x

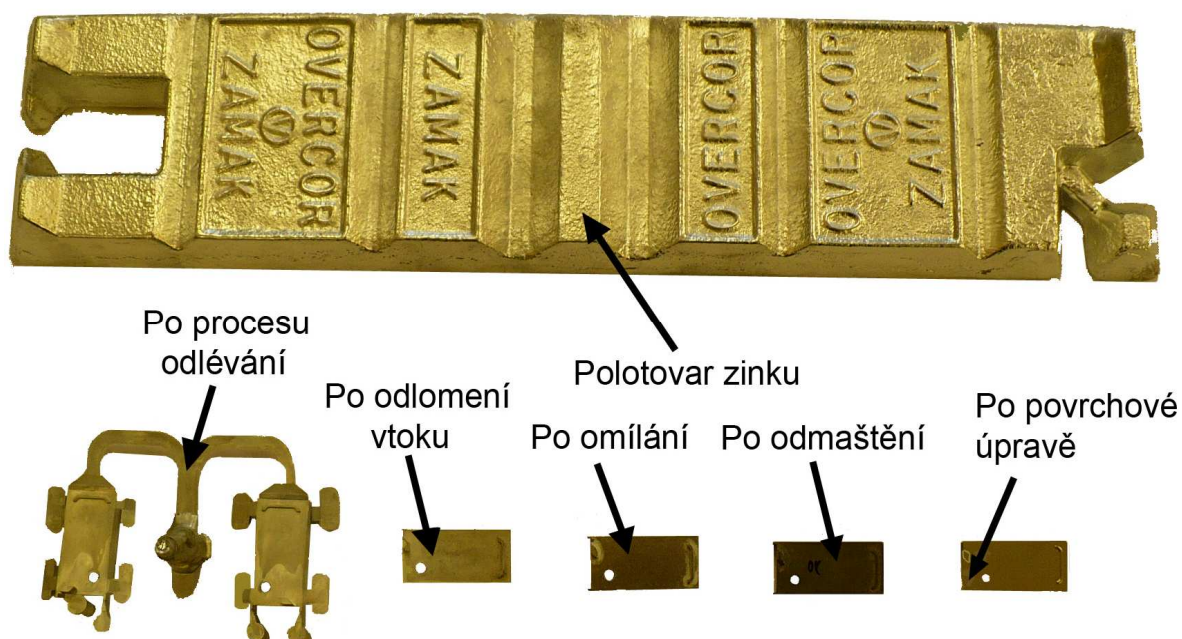


### 3.9 Kontrola, montáž, balení, expedice

Po povrchové úpravě v kooperujících firmách jsou dílce transportovány zpět do areálu firmy, kde dochází k jejich kontrole a případnému vyřazení poškozených či nehodných dílů. Následně jsou koncovky smontovány s příslušným hliníkovým profilem pomocí šroubků Ø3,9 mm a délky 16 mm, zabaleny a odeslány zákazníkovi.

### 3.10 Vzhled součástí po jednotlivých operacích

V této části je v jednotlivých fázích znázorněn a zdokumentován vývoj výroby součástí. Obr. 3.6 znázorňuje všechny etapy, kterými musí součástka projít při výrobě a dokumentace je provedena na jednom obrázku pro porovnání rozměrů výrobku v jednotlivých etapách.



Obr. 3.6 Vzhled v jednotlivých fázích výroby

Zinkový polotovar ve formě housky je roztaven a po pracovním cyklu odlévacího stroje dostáváme pravou i levou koncovku, které jsou spojeny vtokovou soustavou a doplněny o 12 ks přetoků. Po odlomení všech přetoků a vtokové soustavy dostáváme odlitek, který má ostré hrany a otřepy na hranách součástí. Omíláním je dosaženo zaoblení těchto ostrých hran a po odmaštění jsou součástky připraveny k nanesení povrchové úpravy, která může mít podle požadavků zákazníka několik různých odstínů.

## 4 ANALÝZA VZNIKU CHYB PŘI VÝROBĚ ODLITKU

V průběhu jednotlivých operací může dojít ke vzniku defektů či vad, které mohou následně negativně působit na výslednou funkci odlitku. V této kapitole je zpracována analýza neshodných dílů, včetně příčin jejich vzniku, které byly ve firmě vyrobeny za kalendářní rok 2008. Použité údaje jsou poskytnuty oddělením Kvality jakosti a kompletní souhrn příčin neshodných dílů je součástí tohoto projektu jako Příloha 10.

### 4.1 Celkový podíl vzniku neshodných dílů ve výrobě

V kalendářním roce 2008 bylo zákazníkům dodáno celkem 973 352 ks koncovek a počet neshodných dílů činil 107 618 ks, což představuje 11,06% výskyt vad. Jedná se o velmi vysoké procento podílu neshodných dílů a je tedy nezbytné tyto vady v co největší možné míře eliminovat a dosáhnout tak vyššího podílu výrobků bez vad.

### 4.2 Rozbor původu neshodných dílů

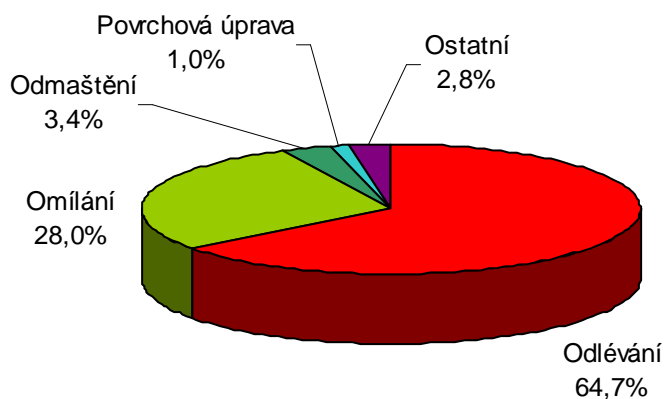
Tato analýza zpracovává podíl neshodných dílů v jednotlivých operacích, které na sebe ve výrobním postupu chronologicky navazují. Uvažovaným obdobím je kalendářní rok 2008 a jedná se o souhrn všech typů koncovek.

Tab. 4.1 Počet neshodných dílů podle jednotlivých operací (Příloha 10)

Příčina neshodných dílů	Počet neshodných dílů [ks]
Odlévání	69 609
Omílání	30 158
Praní, odmaštění, sušení	3 703
Povrchová úprava	1 101
Ostatní	3 047
<b>Celkem</b>	<b>107 618</b>

Z Tab. 4.1 je zřejmé, že z celkového počtu 107 618 ks je největším původcem neshodných dílů operace odlévání a dále pak v menší míře i operace omílání. Další příčiny, jako například odmaštění či povrchová úprava,

přispívají k celkovému počtu neshodných dílů v podstatně menší míře v řádech jednotek procent. Grafické znázornění s procentuálním vyjádřením příčin vzniku neshodných dílů podle jednotlivých operací je znázorněno na Obr. 4.1.



Obr. 4.1 Podíl neshodných dílů podle jednotlivých operací (Příloha 10)

### 4.3 Neshodné díly v jednotlivých operacích

V každé jednotlivé operaci existuje celá řada možných příčin vzniku vad. V této části jsou pro samostatné operace popsány a graficky zpracovány jednotlivé příčiny vzniku neshodných dílů.

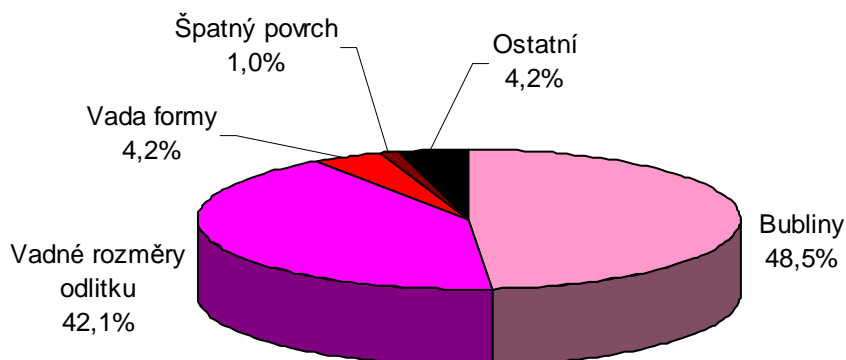
#### 4.3.1 Operace odlévání

Při tomto procesu dochází při tuhnutí k citelné změně teploty, což se může projevit na výsledné jakosti dílců. Kvalitu odlitků dále značně ovlivňují i způsob odlévání a parametry formy, kde dochází k tuhnutí roztaveného kovu. Jednotlivé vady dílců, které vznikly při odlévání, jsou znázorněny v Tab. 4.2.

Tab. 4.2 Příčina neshodných dílů v operaci odlévání (Příloha 10)

Příčina neshodných dílů	Počet neshodných dílů [ks]
Bubliny	33 751
Vadné rozměry odlitku	29 326
Vada formy	2 943
Špatný povrch	666
Ostatní	2 924
<b>Celkem neshodných dílů</b>	<b>69 609</b>

Nejvýznamnější příčinou neshodných dílů při operaci odlévání jsou bubliny, které se nacházejí pod povrchem odlitku. Nejčastěji jsou způsobeny uzavřením vzduchu v oblasti těsně pod povrchem stěny odlitku. Další příčiny vzniku neshodných dílů mají svůj původ především v opotřebování dutiny formy, což má za následek vadné rozměry odlitků. Grafické znázornění příčin neshodných dílů v operaci odlévání je znázorněno na Obr. 4.2.



Obr. 4.2 Příčiny neshodných dílů v operaci odlévání (Příloha 10)

#### 4.3.2 Operace omílání

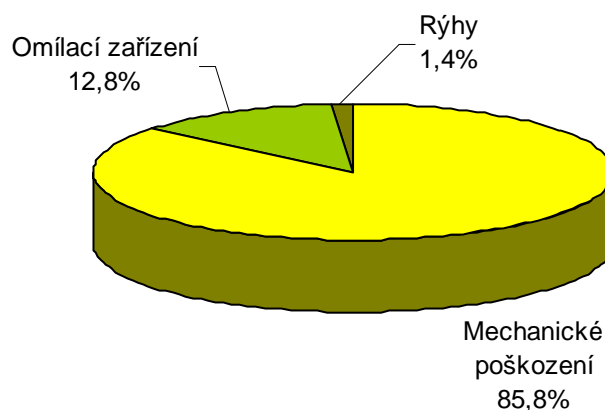
V omílacím zařízení dochází ke vzájemnému styku odlitků a omílacích tělísek. Výsledkem tohoto procesu může být i mechanické poškození dílců ve formě promáčknutých hran, důlků, vrypů či rýh, což má za následek znehodnocení výrobku a může se i negativně projevit při nanášení povrchových úprav.

Tab. 4.3 Příčina neshodných dílů v operaci omílání (Příloha 10)

Příčina neshodných dílů	Počet neshodných dílů [ks]
Mechanické poškození	25 867
Omílací zařízení	3 875
Rýhy	417
<b>Celkem</b>	<b>30 158</b>

Grafické znázornění je na Obr. 4.3, který znázorňuje, že z téměř 86 % má na počet neshodných dílů největší vliv mechanické poškození, do kterého řadíme promáčknuté hrany, vrypy a důlky v povrchu dílců. Tato poškození

vznikají jak v samotné fázi omílání při srážení jednotlivých odlitků navzájem, tak i při separování odlitků od omílacích tělísek a poté i při odebírání dílců z dopravníku a následné manipulaci.



Obr. 4.3 Příčiny neshodných dílů v operaci omílání (Příloha 10)

#### 4.3.3 Operace odmašťování

Při této operaci je kladen důraz především na řádné očištění povrchu odlitků, kde nesmí zůstat zbytky mastnoty, které by měly za následek snížení přilnavosti povrchové úpravy. Celkem je evidováno 3703 ks neshodných dílů, což představuje 3,4 % z celkového počtu vad zjištěných na koncovkách vyrobených v roce 2008.

Tab. 4.4 Příčina neshodných dílů v operaci odmašťování (Příloha 10)

Příčina neshodných dílů	Počet neshodných dílů [ks]
Snížená přilnavost povrchové úpravy	3 364
Mechanické poškození po odmašťování	277
Nečistoty pod lakem	62
<b>Celkem</b>	<b>3 703</b>

Jak je patrné z Obr. 4.4, hlavní příčinou vzniku neshodných dílů byla snížená přilnavost povrchové vrstvy, která je v důsledku zbytků mastnoty na povrchu dílců. Je zde zřejmý i podíl mechanického poškození dílců při manipulaci. Špatné opláchnutí, které má za následek nečistoty pod lakem, má na procentuální podíl neshodných dílů zanedbatelný vliv.



Obr. 4.4 Příčiny neshodných dílů v operaci odmašťování (Příloha 10)

#### 4.3.4 Povrchová úprava

Neshodné díly způsobené povrchovou úpravou činí pouze 1% z celkového počtu vad, což je zanedbatelné množství v porovnání s operacemi odlévání či omílání. Povrchová úprava dílců je prováděna v kooperaci s jinou firmou a chyby vzniklé v této fázi výroby jdou na vrub této firmy. Příčinami neshodných dílů byly vady a nečistoty v laku, špatné nalakování dílců a vrypy s rýhami v povrchu finálního výrobku.

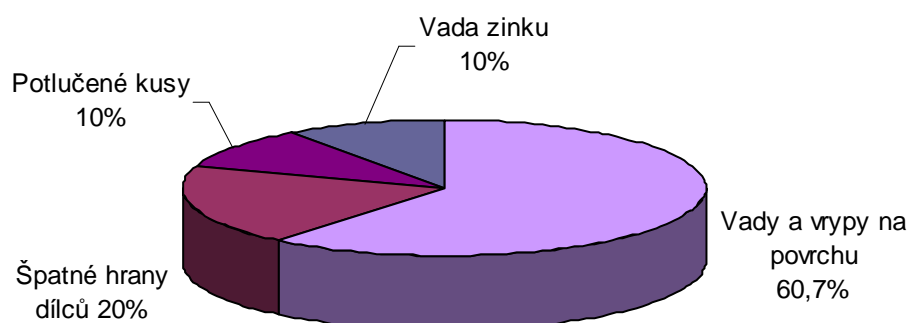
#### 4.3.5 Ostatní

Do této kategorie řadíme neshodné díly vzniklé jiným způsobem, než které byly popsány výše. Tyto vady mohou vzniknout například při přepravě či manipulaci s dílci.

Tab. 4.5 Příčina ostatních neshodných dílů (Příloha 10)

Příčina neshodných dílů	Počet neshodných dílů [ks]
Vady a vrypy na povrchu dílců	1 850
Špatné hrany dílců	596
Vada zinku	301
Potlučené kusy	301
<b>Celkem</b>	<b>3 047</b>

Nejčastěji jsou vady způsobeny mechanicky, kdy při manipulaci může dojít ke vzniku rýh, potlučení či vrypům do povrchu dílců. Příčinou vyřazení 301 ks byla špatná kvalita zinkové slitiny.



Obr. 4.5 Příčiny ostatních neshodných dílů (Příloha 10)

## 5 TESTOVÁNÍ PARAMETRŮ OMÍLÁNÍ

Na přelomu let 2008 a 2009 došlo ve výrobě koncovek k podstatnému vylepšení jednotlivých atributů procesu odlévání s následkem výrazného snížení podílu neshodných dílů této operace. Příčinou byla úprava formy v podobě navržení nové vtokové soustavy, jejíž použití mělo výrazný efekt v zamezení vzniku bublin, které byly primárním zdrojem neshodných dílů. V operaci odlévání tak došlo k výraznému snížení počtu vadných kusů, což mělo za následek i snížení procentuálního podílu operace odlévání na celkovém počtu vad.

Proto je třeba upravit a zdokonalit parametry operace omílání, která byla zdrojem druhého největšího počtu neshodných dílů. V této oblasti byla uskutečněna celá řada analýz vedoucích k optimalizaci tohoto procesu a popis testování s vyhodnocením výsledků je hlavním námětem této kapitoly.

Testování probíhalo na odlitcích s označením A2, které jsou určeny pro výrobní zakázku číslo 30396735. Celkový objem výroby této zakázky činil 13 000 ks.

### 5.1 Plán testování

Prvním krokem je sestavení plánu, podle kterého budou provedena všechna testování a na jehož základě jsou vyhodnoceny výsledky.

- 1. Testování času omílání** – na vzorcích, které budou v pravidelných časových intervalech odebírány z procesu omílání, budou měřeny rádiusy, podle kterých lze zjistit optimální čas omílání.
- 2. Testování času separace** – po nalezení nejvhodnějšího času omílání, je třeba hledat i optimální podmínky separace a čas, ve kterém dochází k oddělení dílců od omílacích tělísek.
- 3. Testování omílacích tělísek** – vzorky budou omílány za použití různých druhů omílacích tělísek a podle následně změřených rádiusů dílců lze porovnat intenzitu omílání jednotlivých tělísek.
- 4. Testování velikosti vsázky** – účelem testu je nalezení optimálního počtu dílců, které by měly vstupovat do procesu omílání.



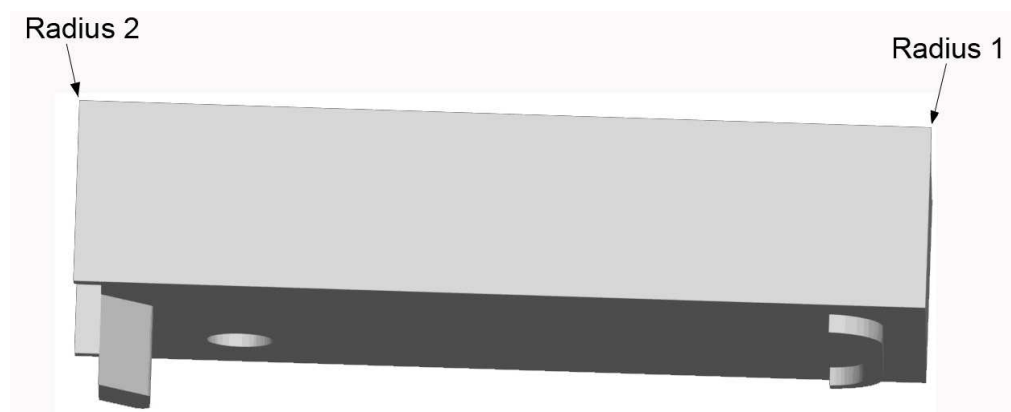
## 5.2 Parametry testování

Všechny testy byly uskutečněny ve stejném omílacím stroji R 780 EURO prostřednictvím totožného výrobního programu, který je uložen v paměti stroje a zajišťuje tak, že všechny uskutečněné operace jsou prováděny za stejných vstupních podmínek při konstantní velikosti frekvence vibrací.

## 5.3 Testování času omílání

Po spuštění programu omílání budou v pravidelných časových intervalech odebírány vzorky, na kterých bude měřena hodnota dvou rádiusů. Optimální hodnotu času omílání bude možné určit z časového intervalu, ve kterém dojde k dosažení požadované hodnoty rádiusu uvedené na výkrese součásti. Vzorky budou odebírány po 5–ti kusech v časových intervalech od 20–ti minut a poté po každých 10–ti minutách. Součástí testu je i změření výchozích údajů, tj. hodnot rádiusů před operací omílání. Vše bude probíhat za stejného množství procesní kapaliny a při konstantní velikosti vsázky, která činí 1000 ks.

Na každém ze vzorků jsou měřeny hodnoty dvou rádiusů, které by podle výkresu (Příloha 2) měly mít po omílání hodnotu  $0,8^{+0,3}$  mm. Každý z rádiusů je měřen třikrát pro získání většího počtu hodnot za účelem co nejpřesnějších výsledků měření. Má-li měření každého rádiusu 3 opakování a v jednom časovém intervalu je odebráno 5 ks, pak pro každý z rádiusů získáme 15 hodnot, které jsou následně graficky zpracovány a vyhodnoceny. Měření probíhalo na optickém kamerovém měřicím přístroji Vertex 320 s použitím softwaru InSpec při 63násobném zvětšení. Pozice měřených rádiusů na součásti je zřejmá z Obr. 5.1.



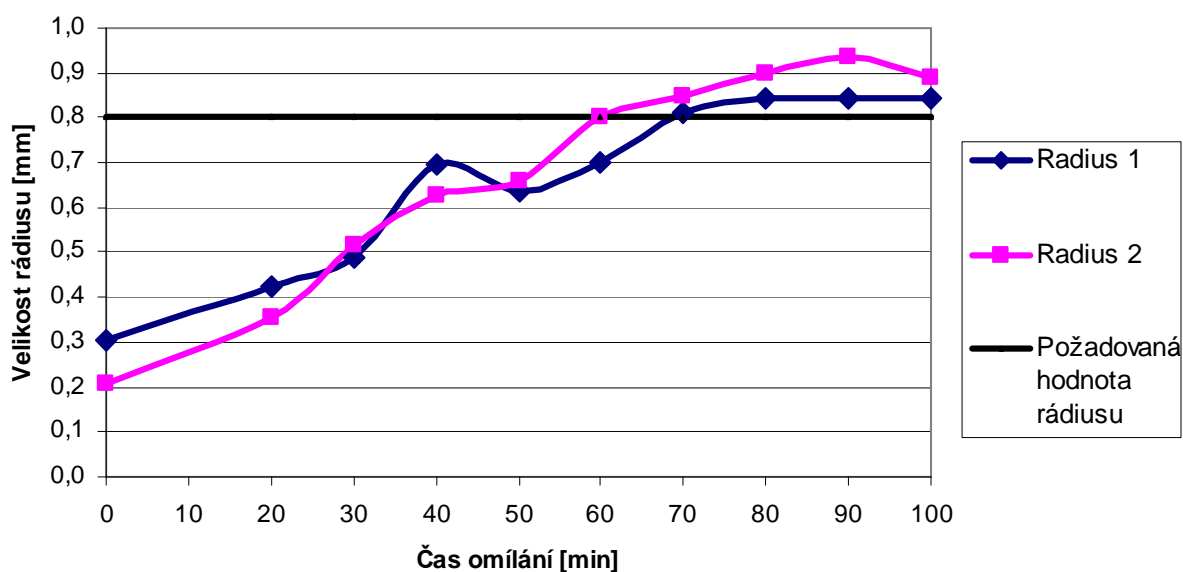
Obr. 5.1 Označení a pozice měřených rádiusů

Z naměřených údajů (Příloha 11) jsou vypočítány aritmetické průměry hodnot pro oba měřené rádiusy v jednotlivých časových fázích a tyto jsou zaznamenány v Tab. 5.1.

Tab. 5.1 Značení odebraných vzorků a hodnoty rádiusů

Čas omílání [min]	Čísla vzorků	Rádus 1 [mm]	Rádus 2 [mm]
0	1–5	0,3041	0,2075
20	6–10	0,4227	0,3567
30	11–15	0,4888	0,5177
40	16–20	0,6953	0,6282
50	21–25	0,6341	0,6589
60	26–30	0,6988	0,8014
70	31–35	0,8118	0,8475
80	36–40	0,8438	0,8964
90	41–45	0,8446	0,9353
100	46–50	0,8448	0,8884

Z grafického znázornění (Obr. 5.2) je patrné, že hodnoty rádiusu rostou v závislosti s rostoucím časem omílání. Požadované hodnoty 0,8 mm je dosaženo u rádiusu 2 již po 60 minutách, avšak u rádiusu 1 nikoliv. Proto je třeba, aby odlitky byly omílány alespoň po dobu téměř 70–ti minut, kdy je patrné, že hodnoty obou sledovaných rádiusů již překročily hodnotu 0,8 mm a lze konstatovat, že optimální čas omílání pro sledované rádiusy je 70 minut.



Obr. 5.2 Grafické znázornění času omílání

**Měření hodnot dalších zakótovaných rádiusů:**

Po nalezení optimálního času omílání pro rádiusy 1 a 2 bylo na stejných vzorcích (označených čísly 31–35) změřeno i dalších 8 rádiusů, které jsou zakótované na výkrese součásti (Příloha 2). Všechny tyto rádiusy by měly mít hodnotu  $0,3^{+0,2}$  mm a měření se provádělo za účelem kontroly, zda mají požadovanou hodnotu po uplynutí 70–ti minut omílání a splňují tak požadavky výkresové dokumentace. Po změření rádiusů na všech 5–ti vzorcích lze konstatovat, že všechny hodnoty splňovaly kritéria zadaná výkresem součásti, jen hodnota rádiusu na zadní straně dílce u většího z výstupků vykazovala hodnoty poblíž spodní hranice výrobní tolerance.

Z tohoto důvodu lze prohlásit, že po uplynutí 70–ti minut omílání jsou všechny požadované hodnoty rádiusů splněny a je možné tento výrobní čas prohlásit za optimální.

**Porovnání hodnot rádiusu 1 a 2:**

Z grafického znázornění je možné i odečíst vzájemný poměr hodnot obou rádiusů. Před operací omílání (čas omílání = 0 minut) je hodnota rádiusu 1 větší téměř o 0,1 mm než hodnota rádiusu 2. Po 90 minutách omílání je naopak větší rádius 2. Vysvětlení spočívá v konstrukci dílce, kdy podélné stěny u rádiusu 2 nejsou navzájem spojeny příčnou stěnou odlitku a omílací tělíska tak mají lepší přístup k inkriminovanému místu. Naproti tomu k rádiusu 1 nemají omílací tělíska tak dobrý přístup a omílání není tolik produktivní.

**5.4 Testování času separace**

Při separaci dochází k oddělování dílců od omílacích tělísek, a přestože je v této fázi intenzita vibrací nižší než při fázi opracování, dochází i nadále k omílání dílců. Čas separace, který je standardně nastaven programem, činí  $t_{s1} = 44,9$  minut a v porovnání s časem omílání ( $t_0 = 66,9$  minut) je tento úsek velmi dlouhý. Nejvíce dílců je separováno hned v prvních 10–15 minutách, ale menšina odlitků zůstává i nadále v zařízení do okamžiku jejich separace. Toto má za následek, že kusy, které jsou separovány jako poslední, jsou více omlety a mají větší hodnoty rádiusů.

**Testování optimální frekvence vibrací:**

Cílem tohoto testování je nastavit parametry separování tak, aby probíhalo s co největší intenzitou a došlo tak ke zkrácení času separace na minimum. Testování probíhalo za stejného počtu dílců v jednotlivých vsázkách a průběh separace lze ovlivňovat změnou intenzity vibrací.

**Současná frekvence vibrací:**

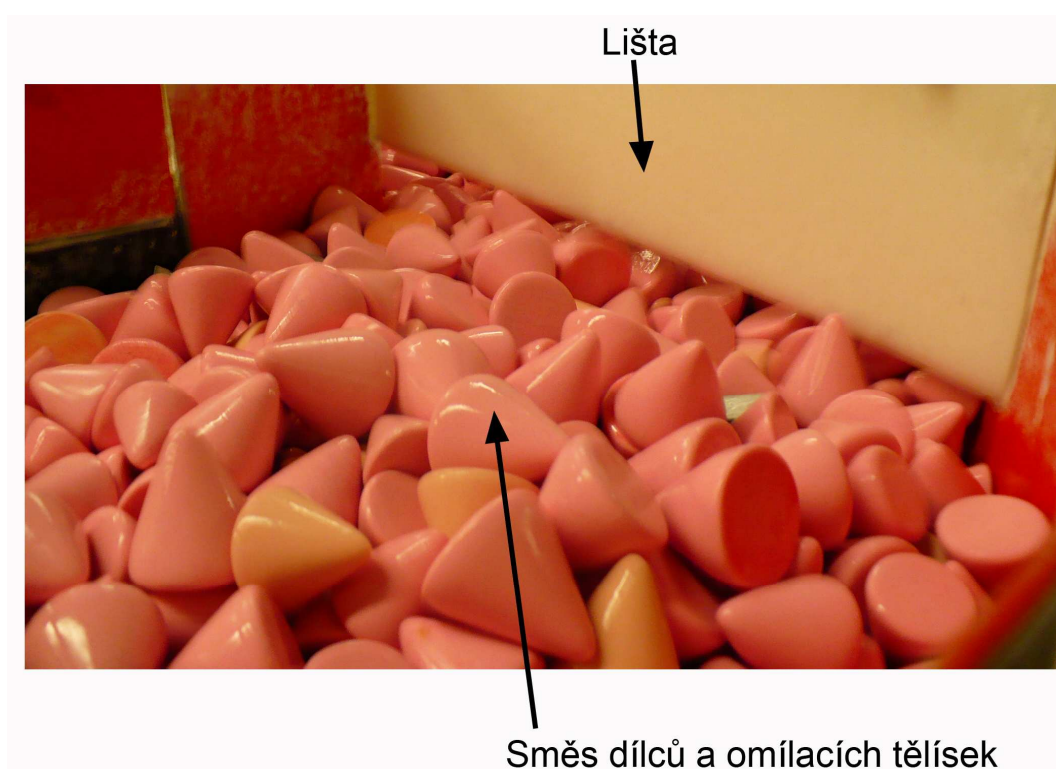
V běžné produkci je intenzita separace nastavena na 95 % po celý průběh této fáze. V prvních 20–ti minutách je separace velmi intenzivní a další zvýšení počtu separovaných dílců je již nežádoucí z důvodu rizika jejich vzájemného potlučení. V tomto časovém úseku tedy není nutné zasahovat do nastavení programu stroje.

V dalším průběhu operace se již znatelně snižuje počet separovaných dílců a je zde zapotřebí úpravy v řídicím programu stroje za účelem zvýšení intenzity separace. Toho lze dosáhnout změnou parametrů operace, kdy při snížení frekvence vibrací vstupuje na separační síto větší množství dílců a omílacích tělísek a naopak, při zvýšení frekvence vibrací je počet vstupujících elementů nižší. Tento jev lze využít při modifikaci parametrů, je však nezbytné brát na zřetel kapacitu separování, která je omezena horní lištou umístěnou 70 mm nad separačním sítem. Lišta brání vstupu nadměrného množství dílců a omílacích tělísek na separační síto.

**Nový návrh frekvence vibrací:**

Při testování byla měněna frekvence vibrací stroje. Cílem bylo dosáhnout co největšího počtu separovaných prvků takovým způsobem, aby směs dílců a omílacích tělísek volně vstupovala na separační síto v co největším množství za podmínky, že směs nebude narážet do horní lišty.

Při 95 % intenzitě vibrací není plně využita plocha pod lištou, kterou může procházet směs dílců a omílacích tělísek na separační síto. Po snížení intenzity vibrací na 80 % již část směsi naráží do lišty nad separačním sítem, z čehož plyne, že tato zvolená intenzita vibrací je příliš malá. Při zvýšení intenzity vibrací na 85 % již směs dílců a omílacích tělísek plně využívá kapacitu otvoru a nenaráží do horní lišty (Obr. 5.3), proto tuto hodnotu lze považovat za optimální.



Obr. 5.3 Optimální počet separovaných prvků

Z tohoto zjištění lze navrhnout novou variantu separování, při které v prvních 20–ti minutách bude intenzita vibrací 95 % a poté dojde ke změně intenzity vibrací na 85 % po dobu do konce procesu separace.

#### **Testování optimálního času separace:**

Z porovnání variant před a po navržené změně je zřejmá odlišnost v intenzitě separování dílců. Za sledované období posledních 15–ti minut procesu je zřejmý jednoznačný úbytek odseparovaných dílců v nově navržené variantě (Tab. 5.2). V této navržené variantě dochází k lepšímu a intenzivnějšímu separování dílců, což dokládá i fakt, že v posledních 5–ti minutách již nebyl přítomen v omílacím zařízení žádný z dílců a poslední součást byla odseparována v čase 9 minut před koncem operace.

Tab. 5.2 Počet odseparovaných dílců v jednotlivých variantách

<b>Čas do konce separování [min]</b>	<b>Původní varianta [ks]</b>	<b>Nová varianta [ks]</b>
Posledních 5 minut	1	0
5–10 minut	3	1
10–15 minut	9	5

Z výše uvedených informací plyne, že proces separování lze zkrátit o hodnotu 9 minut ( $t_{s2} = 44,9 - 9 = 35,9$  minut) a dojde tak ke značné úspoře času při výrobním procesu. Celkový koeficient úspory výrobního času je poměr mezi celkovým časem u nové varianty a celkovým časem u varianty původní:

$$k_U = 1 - \frac{t_O + t_{s2}}{t_O + t_{s1}} \quad (5.1)$$

$k_U$  – koeficient úspory výrobního času [-]

$t_O$  – čas opracování ( $t_O = 66,9$  min)

$t_{s1}$  – čas separace původní varianty ( $t_{s1} = 44,9$  min)

$t_{s2}$  – čas separace nové varianty ( $t_{s2} = 35,9$  min)

Po dosazení do výše uvedeného vztahu činí úspora výrobního času pro operaci omílání 8,05 %.

Součástí této nově navržené varianty je i doporučení pro pracovníka obsluhující omílací stroj, že těsně před ukončením výrobního cyklu omílacího stroje by měl dohlédnout a zkontrolovat, zda se v problematickém místě při vstupu na separační síto nenachází nějaký z dílců. Jestliže ano, je třeba ho ručně odebrat.

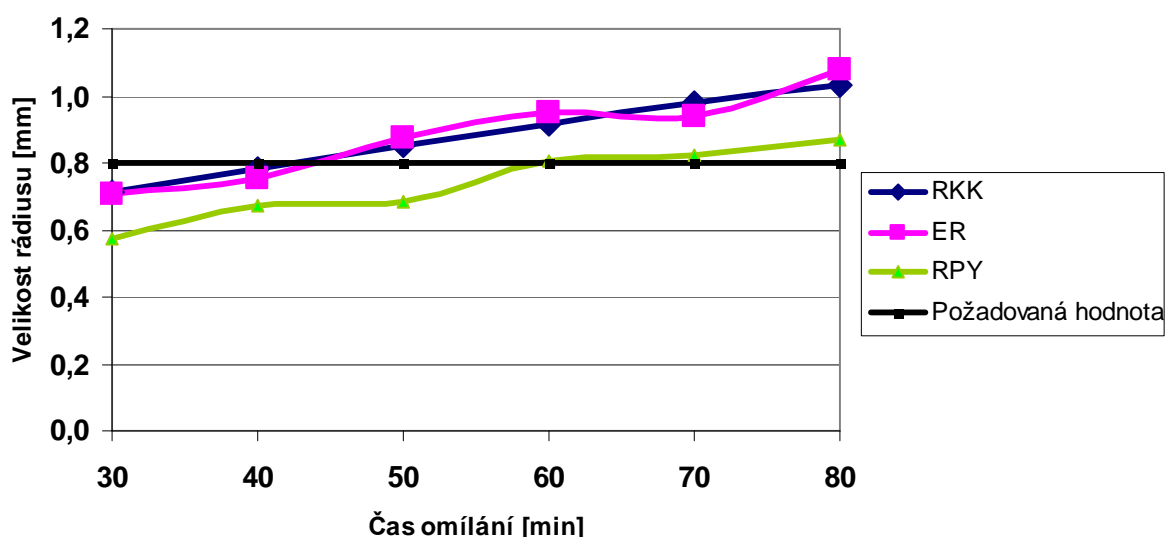
## 5.5 Testování omílacích tělísek

V této analýze bude testováno několik druhů omílacích tělísek za účelem vzájemného porovnání jejich intenzity omílání. Měření bude uskutečněno na optickém kamerovém měřicím přístroji obdobným způsobem, který je popsán pro testování času omílání v kapitole 5.3. Odebírání vzorků bude prováděno v pravidelných časových intervalech, které budou totožné pro všechny druhy omílacích tělísek. První vzorky budou odebrány po 30–ti minutách omílání a další budou následovat vždy v 10–ti minutových intervalech. Naměřené hodnoty rádiusu 1 a rádiusu 2 jsou součástí projektu jako Příloha 12 a údaje v Tab. 5.3 znázorňují aritmetické průměry hodnot obou rádiusů dohromady pro jednotlivé druhy omílacích tělísek.

Tab. 5.3 Aritmetické hodnoty rádiusů při testování omílacích tělísek

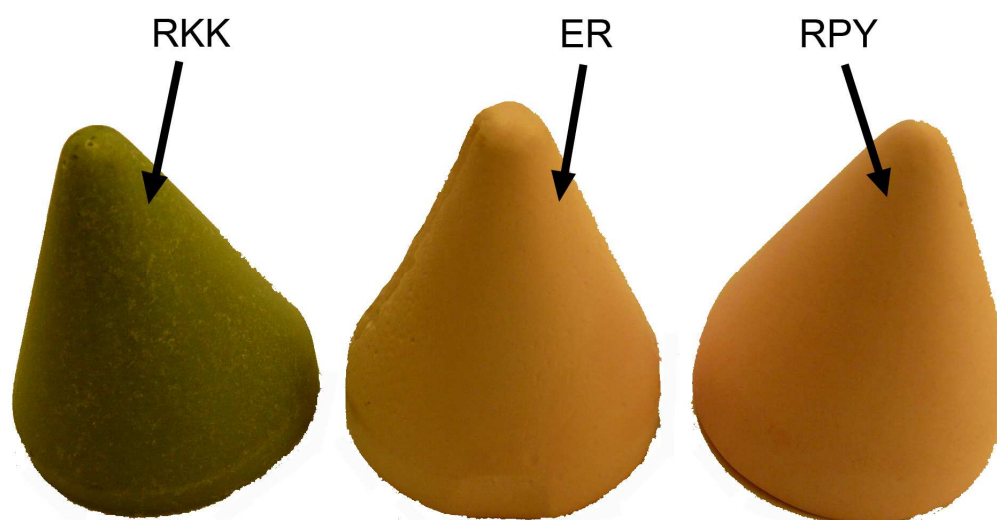
Čas [min]	Velikosti rádiusů [mm]		
	Tělíska RKK	Tělíska ER	Tělíska RPY
30	0,7148	0,7079	0,5719
40	0,7802	0,7516	0,6722
50	0,8536	0,8744	0,6832
60	0,9182	0,9487	0,8085
70	0,9804	0,9418	0,8207
80	1,0320	1,0772	0,8669

Obr. 5.4 znázorňuje závislost velikosti rádiusu v závislosti na času omílání pro 3 druhy omílacích tělísek:



Obr. 5.4 Grafické znázornění intenzity omílání jednotlivých tělísek

Z grafického znázornění je patrná téměř shodná intenzita omílání u tělísek označených RKK a ER, naproti tomu tělíska označená RPY vykazují intenzitu omílání nižší, zhruba o 0,1 až 0,2 mm v kterémkoliv časovém okamžiku. K dosažení požadované hodnoty rádiusů bylo zapotřebí u tělísek RPY omílat téměř 60 minut, zatímco u tělísek RKK a ER byla potřebná doba pouze necelých 45 minut. Z těchto údajů lze konstatovat, že pro snížení času omílání je nejvýhodnější použít omílací tělíska s označením RKK či ER, zatímco tělíska označená RPY jsou v porovnání s výše jmenovanými méně produktivní a pro dosažení požadované hodnoty rádiusů dílců je nezbytný delší časový úsek pro omílání.



Obr. 5.5 Testovaná omílací tělíska

**Velikost tělísek:**

Pro testování byla použita omílací tělíska, která jsou standardně používána ve výrobním procesu. Po doporučení firmy Rösler mají tato tělíska kuželový tvar, který nejlépe vyhovuje výrobnímu sortimentu společnosti. Základním rozměrem je průměr podstavy, který u neobroušených tělísek činí 40 mm, výška je 45 mm. Tělíska se při omílacím procesu postupně obrušují a jejich rozměry se tak zmenšují. Z tohoto důvodu je nezbytné průběžně doplňovat tělíska v omílací lázni a zachovávat tak dostatečný objem omílacího média.

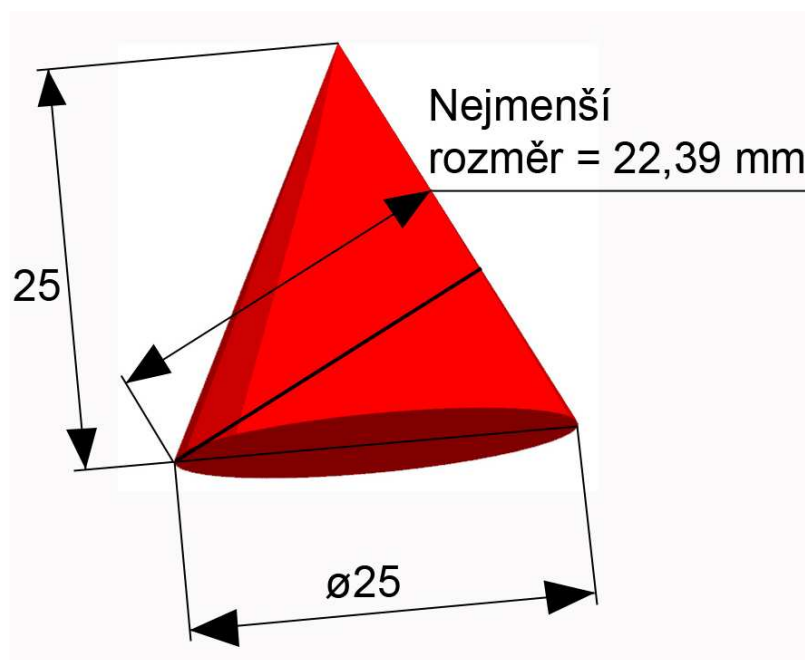
Pro omílání sledovaných zinkových odlitků však jsou tato omílací tělíska nevýhodná z důvodu jejich nadměrných rozměrů, protože se nedostanou ke všem místům na součásti, především u většího z výstupků na zadní straně dílce. Proto je pro zlepšení kvality omílacího procesu třeba navrhnout omílací tělíska s jinými rozměry, které by měly lepší přístup do problematických pasáží. Dodavatelem omílacího zařízení je firma Rösler, je tedy výhodné používat tělíska od stejného výrobce, protože při případné poruše výrobního procesu je možné problém konzultovat s odborníky z této firmy a problém tak rychle vyřešit.

Dle katalogu dodaného firmou Rösler<sup>34</sup> je vyráběna celá řada plastových omílacích tělísek typu RKK tvaru kužele o průměru podstavy 10, 12, 15, 18, 20, 25, 30, 40 a 50 mm. Velikosti mezer v separačním sítu, kterými propadají



tříděné dílce, činí 22 mm, proto musí být rozměry omílacích tělísek větší, aby nepropadávaly sítím při separaci. Z tohoto důvodu vznikají pro výběr nejvhodnějších omílacích tělísek dvě omezení, kdy tělíska by měly být co nejmenší, avšak musejí splňovat podmínku, že jejich rozměry nesmějí být menší než 22 mm.

Nabízí se možnost použít omílací tělíska tvaru kužele o rozměrech podstavy a výšky 25 mm, avšak z grafického znázornění na Obr. 5.6 je patrné, že nejmenší rozměr činí 22,39 mm, což je pouze o 2,39 mm více, než je rozměr otvorů v separačním sítu a už při minimálním opotřebení by tato tělíska propadávala sítím. Případnou možností by bylo zmenšit rozměry otvorů v separačním sítu, avšak při uvážení, že u koncovek s označením A1 a A2 činí nejmenší rozměr součásti 18 mm, musí být mezera v sítu větší než je tento rozměr dílce. Z tohoto důvodu je další snižování rozměru mezery síta nežádoucí a tato možnost je zavrhnuta.



Obr. 5.6 Omílací tělíska o rozměrech 25 mm

Druhou variantou je použití omílacích tělísek o rozměrech podstavy a výšky 30 mm. Tato tělíska již nebudou propadávat mezerami v sítu a zároveň jsou jejich rozměry menší, než jsou rozměry tělísek používaných v současné době. Obě podmínky jsou tedy touto variantou splněny a finální návrh řešení problému spočívá v použití omílacích tělísek řady RKK se základními rozměry 30 mm.

## 5.6 Testování velikosti vsázky

Velmi důležitým aspektem je i počet kusů, které vstupují do omílacího procesu. Je třeba udělat kompromis mezi požadavkem na co největší počet kusů, což je výhodné z hlediska produktivity práce a kvalitou procesu, která musí být nezbytně zajištěna jako prioritní cíl. Čím větší počet kusů se nachází v jednom okamžiku v omílacím zařízení, tím větší je riziko možného vzájemného poškození dílců.

Test spočívá v omílání několika dávek, každá o různém počtu dílců. Po následném odmaštění budou dílce narovnány do krabic a odeslány ke galvanickému pokovování. Po této úpravě vyniknou případné povrchové vady dílců a bude možné provést porovnání jednotlivých dávek z hlediska počtu neshodných dílů (rýhy, potlučení, deformace či jiné vady). Z těchto údajů je pak možné vyhodnotit nejefektivnější počet kusů při omílacím procesu.

Při rovnání dílců do krabic jsou jednotlivé dávky označeny písmeny A, B, C a D, aby nedošlo k jejich záměně a u kooperující firmy SPALECK bylo zajištěno, že dílce nebudou smíchány a budou narovnány zpět do krabic označených příslušnými písmeny. Jednotlivé testy probíhaly při těchto velikostech vstupních dávek:

Tab. 5.4 Počty kusů dílců při jednotlivých testech

Číslo testu	Označení testu	Počet dílců v dávce [ks]
1	A	800
2	B	1000
3	C	1200
4	D	1315

### Výpočet maximální velikosti vsázky:

Okamžitě po ukončení separačního procesu v omílacím zařízení je nezbytné odmastit, propláchnout a osušit všechny dílce. Toto se děje v odmašťovacím bubnovém stroji, který je také limitujícím faktorem pro velikost vstupní dávky do omílacího zařízení, jelikož maximální hmotnost nákladu do odmašťovacího stroje činí 50 kg. Z hmotnosti jednoho zinkového odlitku lze následně dopočítat i maximální počet dílců.

**Maximální počet dílců A1 či A2 v jedné dávce:**

$$p_1 = \frac{m_n}{m_1} \quad (5.2)$$

$p_1$  – maximální počet dílců A1 nebo A2 v jedné dávce [ks]

$m_n$  – maximální hmotnost nákladu v bubnovém odmašťovacím stroji ( $m_n = 50kg$ )

$m_1$  – hmotnost jednoho dílce A1 nebo A2 ( $m_1 = 0,038kg$ )

**Maximální počet dílců B1 či B2 v jedné dávce:**

$$p_2 = \frac{m_n}{m_2} \quad (5.3)$$

$p_2$  – maximální počet dílců B1 nebo B2 v jedné dávce [ks]

$m_2$  – hmotnost jednoho dílce B1 nebo B2 ( $m_2 = 0,029kg$ )

**Maximální počet dílců C1 či C2 v jedné dávce:**

$$p_3 = \frac{m_n}{m_3} \quad (5.4)$$

$p_3$  – maximální počet dílců C1 nebo C2 v jedné dávce [ks]

$m_3$  – hmotnost jednoho dílce C1 nebo C2 ( $m_3 = 0,030kg$ )

Po dosazení do výše uvedených vztahů jsou výsledné hodnoty maximálního počtu jednotlivých dílců v omílací dávce zobrazeny v Tab. 5.5. Z těchto údajů vyplývá, že pro testované dílce A2 činí maximální velikost vstupní vsázky 1315 kusů a tento údaj byl brán v potaz při plánování počtu dílců v jednotlivých dávkách (viz. Tab. 5.4).

Tab. 5.5 Hmotnosti dílců a počty jednotlivých dílců v dávce

Součást	Hmotnost [kg]	Maximální počet dílců v jedné dávce [ks]
A1, A2	0,038	1315
B1, B2	0,029	1724
C1, C2	0,030	1666

Po ukončení testu D lze konstatovat, že 1315 dílců v jedné dávce je příliš mnoho, protože při vkládání do drátěných košů vznikne v koši vysoká vrstva dílců a proplachovací kapalina v odmašťovacím stroji nemusí protéct v dostatečném množství doprostřed této vrstvy a dostatečně omýt všechny

koncovky. Toto velké množství součástek v jedné dávce má také nepříznivý vliv, protože citelně namáhá odmašťovací stroj. Z tohoto důvodu velikost dávky 1315 ks nelze považovat za příznivou a pro výrobní proces není doporučena.

### **Porovnání jednotlivých vsázek:**

Po navrácení dílců zpět po povrchové úpravě lze porovnat jednotlivé dávky z hlediska počtu neshodných dílů. Z každé dávky bylo náhodně vybráno 200 ks, které lze brát jako reprezentanty příslušné dávky. Byla provedena vizuální kontrola dílců, jejíž výsledky znázorňuje Tab. 5.6.

Tab. 5.6 Počet neshodných dílů a jejich příčiny v jednotlivých dávkách

Test č.	Označení	Počet kusů v dávce	Počet neshodných dílů	Příčina
1	A	800	3	3xpotlučené hrany
2	B	1000	4	2xpotlučené hrany 1xbublina 1xrýha
3	C	1200	4	3xpotlučené hrany 1xdůlek
4	D	1315	6	6xpotlučené hrany

Z počtu neshodných dílů v Tab. 5.6 je zřejmé, že nejmenší počet neshodných dílů je v dávce A (3 ks) a největší počet v dávce D (6 ks).

Jelikož počet zkoumaných dílů činil u každé z dávek 200 ks, je nutné vypočítat, kolik by činil počet neshodných dílů, kdyby se hodnotila celá výrobní dávka. Z tohoto údaje je poté možné určit koeficient neshodných dílů

### **Výpočet koeficientu neshodných dílů:**

Dávka A:

$$k_A = \frac{\frac{p_A}{n_A} \cdot p_{nA}}{p_A} = \frac{p_A \cdot p_{nA}}{n_A \cdot p_A} = \frac{p_{nA}}{n_A} \quad (5.5)$$

Dávka B:

$$k_B = \frac{\frac{p_B}{n_B} \cdot p_{nB}}{p_B} = \frac{p_B \cdot p_{nB}}{n_B \cdot p_B} = \frac{p_{nB}}{n_B} \quad (5.6)$$

Dávka C:

$$k_C = \frac{\frac{p_C}{n_C} \cdot p_{nC}}{p_C} = \frac{p_C \cdot p_{nC}}{n_C \cdot p_C} = \frac{p_{nC}}{n_C} \quad (5.7)$$

Dávka D:

$$k_D = \frac{\frac{p_D}{n_D} \cdot p_{nD}}{p_D} = \frac{p_D \cdot p_{nD}}{n_D \cdot p_D} = \frac{p_{nD}}{n_D} \quad (5.8)$$

$k_{A,B,C,D}$  – koeficient neshodných dílů pro jednotlivé dávky A, B, C, D [-]

$p_{A,B,C,D}$  – počet kusů v jednotlivých dávkách A, B, C, D [ks]

$n_{A,B,C,D}$  – počet zkoumaných dílů A, B, C, D [ks]

$p_{nA,B,C,D}$  – počet neshodných dílů v jednotlivých dávkách A, B, C, D [ks]

Po dosazení do vztahů jsou jednotlivé hodnoty koeficientu neshodných dílů znázorněny v Tab. 5.7. Nejnižší hodnota koeficientu je u dávky A, kde koeficient činí 0,015, což dává 1,5 % neshodných dílů.

Tento koeficient však nezohledňuje velikost jednotlivých výrobních dávek. Například dávka A má nejmenší koeficient neshodných dílů, ale za jeden proces dojde k omletí pouze 800 ks, zatímco u jiných dávek je výrobnost podstatně vyšší. Z tohoto důvodu je nutné vypočítat celkový koeficient neshodných dílů  $k_{CN}$ , kterým eliminujeme odchylku způsobenou odlišnou výrobností jednotlivých dávek. Celkový koeficient bude kalkulován pro všechny čtyři varianty při jednotném výrobním množství 1000 ks.

#### **Výpočet celkového koeficientu neshodných dílů:**

Dávka A:

$$k_{CA} = k_A \cdot \frac{p_F}{p_A} \quad (5.9)$$

Dávka B:

$$k_{CB} = k_B \cdot \frac{p_F}{p_B} \quad (5.10)$$

Dávka C:

$$k_{CC} = k_C \cdot \frac{p_F}{p_C} \quad (5.11)$$

Dávka D:

$$k_{CD} = k_D \cdot \frac{p_F}{p_D} \quad (5.12)$$

$k_{CA,B,C,D}$  – celkový koeficient neshodných dílů pro jednotlivé dávky A, B, C, D [-]

$p_F$  – fiktivní dávka 1000 ks pro určení celkového koeficientu neshodných dílů

Tab. 5.7 Hodnoty koeficientu neshodných dílů a celkového koeficientu neshodných dílů

Dávka	Koeficient neshodných dílů k [-]	Celkový koeficient neshodných dílů $k_{CN}$ [-]
A	0,015	0,019
B	0,02	0,02
C	0,02	0,017
D	0,03	0,023

Všechny hodnoty celkového koeficientu neshodných dílů jsou zřejmé z Tab. 5.7, kde nejnižší hodnota činí 0,017 a je u dávky C, která obsahovala 1200 kusů dílců. Lze proto konstatovat, že tato varianta je nejvýhodnější z důvodu nejnižšího procenta neshodných dílů (pouze 1,7 %) v porovnání s ostatními variantami. Proto lze považovat velikost vstupní dávky 1200 ks za optimální.

#### **Porovnání současného způsobu výroby a nové varianty:**

Při porovnání současně uplatňované varianty výroby (1000 ks) a varianty nově navržené (1200 ks) je zřejmé, že koeficient neshodných dílů u obou variant je shodný ( $k = 0,02$ ), ale varianta s 1200 ks je více produktivní, protože v jednom pracovním procesu je možné omílat větší počet dílců zároveň. Z tohoto důvodu tak dochází k poklesu celkového koeficientu neshodných dílů. Proto lze firmě doporučit změnu počtu kusů v pracovním postupu z hodnoty 1000 ks na hodnotu 1200 ks.

## 6 ÚPRAVA PRACOVNÍHO PROCESU PŘI TŘÍDĚNÍ DÍLCŮ

Při třídění a kontrole se dílce rovnají do zářezů v malých kartónových paletách, které jsou následně umístěny do krabic určených k transportu. V závislosti na rozměrech je do jedné krabice možné umístit 5, respektive 7 palet na sebe.

### 6.1 Současný způsob rovnání dílců

V současném výrobním procesu lze do každé jednotlivé palety umístit 24 kusů dílců (6 řad, každá po 4 kusech).

Celková plocha palety:

$$S = X \cdot Y \quad (6.1)$$

$S$  – celková plocha jedné palety [ $\text{mm}^2$ ]

$X$  – délka palety ( $X = 345\text{mm}$ )

$Y$  – šířka palety ( $Y = 267\text{mm}$ )

Celková plocha jednoho dílce:

$$s = x \cdot y \quad (6.2)$$

$s$  – celková plocha jednoho dílce [ $\text{mm}^2$ ]

$x$  – délka dílce ( $x = 46,1\text{mm}$ )

$y$  – šířka dílce ( $y = 21,8\text{mm}$ )

Stupeň využití plochy palety:

$$k_{p1} = \frac{24 \cdot s}{S} \quad (6.3)$$

$k_{p1}$  – stupeň využití plochy palety při současné produkci

Po dosazení do vztahů činí celková plocha palety  $92115 \text{ mm}^2$  a plocha jednoho dílce  $1005 \text{ mm}^2$ . Stupeň využití plochy palety tak činí 26,18 %. Tato

hodnota využití plochy je velmi nízká, proto je třeba navrhnout efektivnější rozmístění dílců, kterým by došlo ke zvýšení stupně využití plochy palety a tím i k celkové úspoře krabic pro přepravu s následným snížením nákladů na transport výrobků.

## 6.2 Návrh nového rozmístění dílců na paletě

Podmínkou návrhu nového uspořádání dílců v paletě je ponechání určitého prostoru mezi jednotlivými kusy (cca 10 mm), který bude bránit vzájemnému kontaktu dílců, při kterém by mohlo dojít k jejich poškození.

V současnosti každá paleta obsahuje 6 řad a 4 sloupce. Šířka palety činí 267 mm, délka 345 mm a šířka dílců 21,8 mm, délka 46,1 mm.

Maximální možný počet kusů v řadě:

$$p_R = \frac{Y}{y} \quad (6.4)$$

$p_R$  – maximální možný počet kusů v řadě

Maximální možný počet kusů ve sloupci:

$$p_S = \frac{X}{x} \quad (6.5)$$

$p_S$  – maximální možný počet kusů ve sloupci

Dosazením do výše uvedených vztahů činí maximální možný počet dílců v řadě 12 ks a ve sloupci 7 ks.

### **Počet dílců v jedné řadě:**

Zvolíme-li v jedné řadě umístění 10–ti kusů, pak na prostor mezi těmito dílci zůstane pouze  $267 - 218 = 49$  mm, což při celkovém počtu 11–ti mezer je velmi málo. Proto je výhodnější umístit do jedné řady 8 kusů, mezi kterými budou mezery 10 mm. Po kalkulaci šířky 8 dílců a 7 mezer mezi těmito dílci činí zbylý prostor 22,6 mm, který rozdělíme na poloviny a docílíme tak vzdálenosti 11,3 mm mezi krajními dílci a oběma okraji palety (viz. Obr. 6.1).



U nově navržené varianty činí stupeň využití plochy platíčka 52,36%, což je v porovnání se současnou produkcí dvojnásobná hodnota. Z toho plyne i poloviční spotřeba krabic, do kterých jsou palety s dílci ukládány. Zároveň i spotřeba samotných palet klesne na polovinu, čímž ušetříme pořizovací náklady na palety, ale také i skladovací prostory pro jejich uskladnění. Proto lze konstatovat, že nově navržená úprava palet bude mít bezesporu efekt a lze ji firmě doporučit.

## 7 SOUHRNNÁ DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ VÝROBU

Obsahem této kapitoly je stručný souhrn všech doporučení, která vyplývají z tohoto projektu:

1. Při použití stávajících omílacích tělísek typu RPY je pro dostatečné omletí dílců nezbytná doba omílání téměř 70 minut, což současný výrobní cyklus splňuje. Z tohoto tvrzení plyne, že v cyklu opracování není zapotřebí provádět jakékoliv úpravy.
2. Pro efektivnější využití výrobní kapacity omílacího stroje je zapotřebí úpravy cyklu separace, která by měla být rozdělena na dvě fáze: První fáze by měla být při 95 % frekvenci vibrací po dobu 20–ti minut a ve druhé fázi by mělo dojít ke snížení frekvence vibrací na 85 % po dobu 16–ti minut. Výsledkem bude zkrácený proces separace dílců s úsporou času 8,05 % při stejné účinnosti separace.
3. Ze tří druhů omílacích tělísek, které byly testovány, jsou nejvhodnější typy RKK či ER, které vykazovaly obdobné omílací schopnosti, naproti tomu omílací tělíska typu RPY mají tuto schopnost nižší. Byla navržena tělíska o odlišných rozměrech, než jsou v současné době používána. Jedná se o tělíska firmy Rösler s označením RKK a velikostí 30 mm.
4. Proběhlo testování velikosti vstupních dávek do omílacího zařízení a byla vyhodnocena neoptimálnější velikost dávky, která činí 1200 kusů dílců. Celkový koeficient neshodných dílů při přepočtu na dávku 1000 ks činil pouze 1,7 %, což je v porovnání s jinými testovanými dávkami nejnižší hodnota. Z tohoto důvodu je doporučeno používat 1200 ks jako počet dílců v dávce při výrobním procesu.
5. Bylo navrženo nové rozmístění dílců na paletách, ve kterých dochází k přepravě součástek. Nově navržená varianta vykazuje dvojnásobnou hodnotu využití plochy palety, čímž docílíme poloviční spotřeby přepravních krabic a také samotných palet.

## ZÁVĚR

Tento projekt se zabývá problémem výroby tlakově litého odlitku s možností snížení výrobních nákladů. Zaměřuje se především na operaci omílání, která je nedílnou součástí výrobního postupu. Z provedených rozborů experimentálních zkoušek vyplývá:

- ve stávajícím výrobním cyklu jsou používána omílací tělíska typu RPY a čas omílání činí 66,9 minut. Pro tato omílací tělíska je tento časový úsek optimální a není zapotřebí jakékoliv modifikace parametrů omílání;
- je zapotřebí upravit parametry fáze separace dílců od omílacích tělísek, kdy po 20–ti minutách separace je třeba změnit intenzitu frekvence vibrací z 95 % na 85 % po dobu 16–ti minut. Při tomto způsobu separace dojde ke zkrácení celkového času o 9 minut, což znamená úsporu času 8,05 %;
- ze tří posuzovaných variant omílacích tělísek jsou nejvhodnější typy RKK či ER, které vykazovaly obdobné omílací schopnosti. Tělíska typu RPY, které jsou používána v současné době, vykazují horší omílací vlastnosti a nedoporučuje se je dále používat;
- byla navržena omílací tělíska s jinými rozměry, protože rozměry tělísek používaných v současné době jsou příliš velké. Nově navržená tělíska jsou typu RKK tvaru kužele se základními rozměry 30 mm;
- neoptimálnější velikost vstupní dávky do omílacího zařízení činí 1200 ks, protože vykazuje nejmenší celkový koeficient neshodných dílů v porovnání s jinými posuzovanými variantami;
- nově navržená úprava palet pro skladování dílců má dvojnásobné využití plochy, čímž docílíme poloviční spotřebu těchto palet i kartónových krabic, do kterých se palety vkládají.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- 1 BEELEY, Peter. *Foundry Technology*. 2nd edition. Oxford: Linacre House, Jordán Hill, 2001, 731 p. A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd. ISBN O 7506 4567 9
- 2 Composite authors. *ASM Handbook, Volume 15, Casting*. The materials Information Company 1988. 2002 p. ASM International Handbook Committee ISBN O–87170–007–7
- 3 KOSHAL, Dal. *Manufacturing Engineer's Reference Book*. Oxford: Linacre House, Jordán Hill, 1993, 885 p. Butterworth-Heinemann Ltd. ISBN O 7506 1154 5
- 4 REIKHER, Alexandre a BARKHUDAROV, Michael R. *Casting: An Analytical Approach*. Springer-Verlag London Limited 2007. 183 p. Engineering materials and processes. ISBN 978–1–84628–849–4
- 5 SMITH, Edward H. *Mechanical Engineer's Reference Book*. Oxford: Linacre House, Jordán Hill, 1994, 1194 p. Butterworth-Heinemann Ltd. ISBN O 7506 4218 1
- 6 VINARCIK, Edward J. *High integrity die casting processes*. Published by Johl Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Persey. 1st title. 2002. 232 p. ISBN O–471–20131–6.
- 7 HERMAN, Aleš a MAROUŠEK, Libor. Vztah konstruktér technolog pro technologii tlakového lití. *Slévárství*. Květen–Červen 2005, číslo 5–6, s.232–235. ISSN 0037–6825
- 8 HERMAN, Aleš a STUNOVÁ, Barbora. Výhody použití Mg slitin v porovnání s ostatními konstrukčními materiály. *MM Průmyslové spektrum*. Listopad 2005, číslo 11, s.78–79. ISSN 1212–2572
- 9 HLAVÁČEK, Vratislav a KREIBICH, Viktor. Povlaky s mikrolamelami zinku. *MM Průmyslové spektrum*. Říjen 2004, číslo 10, s.31–33. ISSN 1212–2572

- 10 INSELMANN, Jorg. HSC při obrábění forem. *MM Průmyslové spektrum*. Prosinec 2005, číslo 12, s.46–47. ISSN 1212–2572
- 11 KRŇÁVEK, Václav a STŘÍTECKÝ, František. Konstrukce forem pro odlitky lité pod tlakem a její vliv na výskyt vad. *Slévárství*. Únor–Březen 2007, číslo 2–3, s.81–86. ISSN 0037–6825
- 12 KREISLOVÁ, Kateřina a PACÁK, Lukáš. Korozní zkoušky elektrolyticky vyloučených povlaků niklu. *Technický týdeník*. Duben 2005, číslo 4, ISSN 1212–2572
- 13 KUČERA, Martin. Omílání jako univerzální metoda pro úpravu povrchů. *Technický týdeník*. Červenec 2007, číslo 7, ISSN 1212–2572
- 14 MALIK, Josef a FUTÁŠ, Peter a VASKOVÁ, Iveta a EPERJEŠI, Štefan. Vplyv podmienok tlakového litia na mechanické vlastnosti tlakovo liatych odliatkov. *Slévárství*. Červenec 2007, číslo 7, s.311–315. ISSN 0037–6825
- 15 MALIK, Josef a FUTÁŠ, Peter a VASKOVÁ, Iveta a EPERJEŠI, Štefan. Vplyv technologických faktorov tlakového litia na kvalitu odliatkov ze silumínu. *Slévárství*. Květen–Červen 2007, číslo 5–6, s.259–262. ISSN 0037–6825
- 16 NOVÁ, Iva a HOŠEK, Zdeněk a NOVÁKOVÁ Iva. Rozvoj tlakového lití. *MM Průmyslové spektrum*. Květen 2004, číslo 5, s.79–81. ISSN 1212–2571
- 17 NOVÁ, Iva a KRÝSLOVÁ, Stanislava. Sledování rozměrových změn odlitků ze slitin Zn během tuhnutí. *Slévárství*. Říjen–Listopad 2006, číslo 10–11, s.410–413. ISSN 0037–6825
- 18 PTÁČEK, Luděk a USTOHAL, Vladimír. Slitiny zinku pro odlitky. *Slévárství*. Duben 2008, číslo 4, s.203–208. ISSN 0037–6825
- 19 SKALICKÝ, Zdeněk. Formy pro tlakové lití. *Slévárství*. Leden–Únor 2008, číslo 1–2, s.27–28. ISSN 0037–6825
- 20 ŠEDO, Igor. Použití zapuštěného vtoku ve formě pro tlakové lití zinku jako jeden z nástrojů pro snižování nákladů. *Slévárství*. Leden–Únor 2009, číslo 1–2, s.32–34. ISSN 0037–6825

- 21 VOJTĚCH, Dalibor. Výroba odlitků neželezných kovů. *MM Průmyslové spektrum*. Únor 1999, číslo 1,2, s.28–29. ISSN 1212–2572
- 22 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–30–3]:  
<[http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat\\_normy.php](http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php)>
- 23 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–20–4]:  
<<http://www.galvanika-blex.cz/vlastnosti-prvku/>>
- 24 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–17–4]:  
<<http://www.galvanovna.cz/znakcz21.html>>
- 25 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–19–4]:  
<<http://hejtmsoft.wz.cz/navody/chemie/index.php#92>>
- 26 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–17–3]:  
<<http://konstrukce.webz.cz/sups/6too1.html>>
- 27 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–17–3]: <<http://www.massag.cz>>
- 28 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–20–4]:  
<<http://www.meopta.com/index.php?id=263>>
- 29 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–17–3]: <<http://www.omilbrus.cz>>
- 30 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–27–3]:  
<<http://www.ortmann.cz/cs/page.php?lang=cs&page=vlastnosti>>
- 31 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–17–3]:  
<<http://www.povrchoveupravy.cz/2007-02-clanek04.html>>
- 32 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–5–5]: <<http://www.rosler.com/>>
- 33 Dostupné na World Wide Web [cit. 2009–17–3]:  
<[http://www.wheelabratorgroup.cz/Omilaci\\_technika.htm](http://www.wheelabratorgroup.cz/Omilaci_technika.htm)>
- 34 Advanced Technology Group s.r.o. – *Přednáška 3.3 Předběžné úpravy povrchu*
- 35 Prospekty firmy Rösler. *Consumables – Surface finishing – plastic media*. Rösler Oberflächentechnik GmbH. Publ.–Nr. 130.15 gb

36 OPLUŠTIL, Petr. *Technická dokumentace bubnového odmašťovacího stroje WIR 4H/OSK.*

37 *Technická dokumentace stroje DAW 80 S DV.*

38 *Technologie zinek – Lekce 1. Studijní materiály pro školení zaměstnanců firmy*

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

<b>Zkratka/Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
A	-	Označení testu
A1	-	Označení koncovky
A2	-	Označení koncovky
Alu1	-	Označení protikusu
Alu2	-	Označení protikusu
B	-	Označení testu
B1	-	Označení koncovky
B2	-	Označení koncovky
C	-	Označení testu
C1	-	Označení koncovky
C2	-	Označení koncovky
D	-	Označení testu
$F_0$	N	Otevírací síla stroje
$F_u$	N	Uzavírací síla stroje
k	-	Koeficient volený na základě složitosti formy
$k_A$	-	Koeficient neshodných dílů pro dávku A
$k_B$	-	Koeficient neshodných dílů pro dávku B
$k_C$	-	Koeficient neshodných dílů pro dávku C
$k_D$	-	Koeficient neshodných dílů pro dávku D
$k_{CA}$	-	Celkový koeficient neshodných dílů pro dávku A
$k_{CB}$	-	Celkový koeficient neshodných dílů pro dávku B
$k_{CC}$	-	Celkový koeficient neshodných dílů pro dávku C
$k_{CD}$	-	Celkový koeficient neshodných dílů pro dávku D
$k_{CN}$	-	Celkový koeficient neshodných dílů
$k_{p1}$	-	Stupeň využití plochy palety při současné produkci
$k_{p2}$	-	Stupeň využití plochy palety u nově navržené varianty
$k_U$	-	Koeficient úspory výrobního času
$m_1$	kg	Hmotnost jednoho dílce A1, A2
$m_2$	kg	Hmotnost jednoho dílce B1, B2
$m_3$	kg	Hmotnost jednoho dílce C1, C2
$m_d$	kg	Hrubá hmotnost jednoho dílce
$m_h$	kg	Hrubá hmotnost odlitku
$m_n$	kg	Maximální hmotnost nákladu v bubnovém odmašťovacím stroji
$m_s$	kg	Surová hmotnost odlitku
$n_A$	ks	Počet zkoumaných dílů A
$n_B$	ks	Počet zkoumaných dílů B
$n_C$	ks	Počet zkoumaných dílů C
$n_D$	ks	Počet zkoumaných dílů D
$p_1$	ks	Maximální počet dílců A1 nebo A2 v jedné dávce
$p_2$	ks	Maximální počet dílců A1 nebo A2 v jedné dávce
$p_3$	ks	Maximální počet dílců A1 nebo A2 v jedné dávce
$p_A$	ks	Počet kusů ve vsázce A

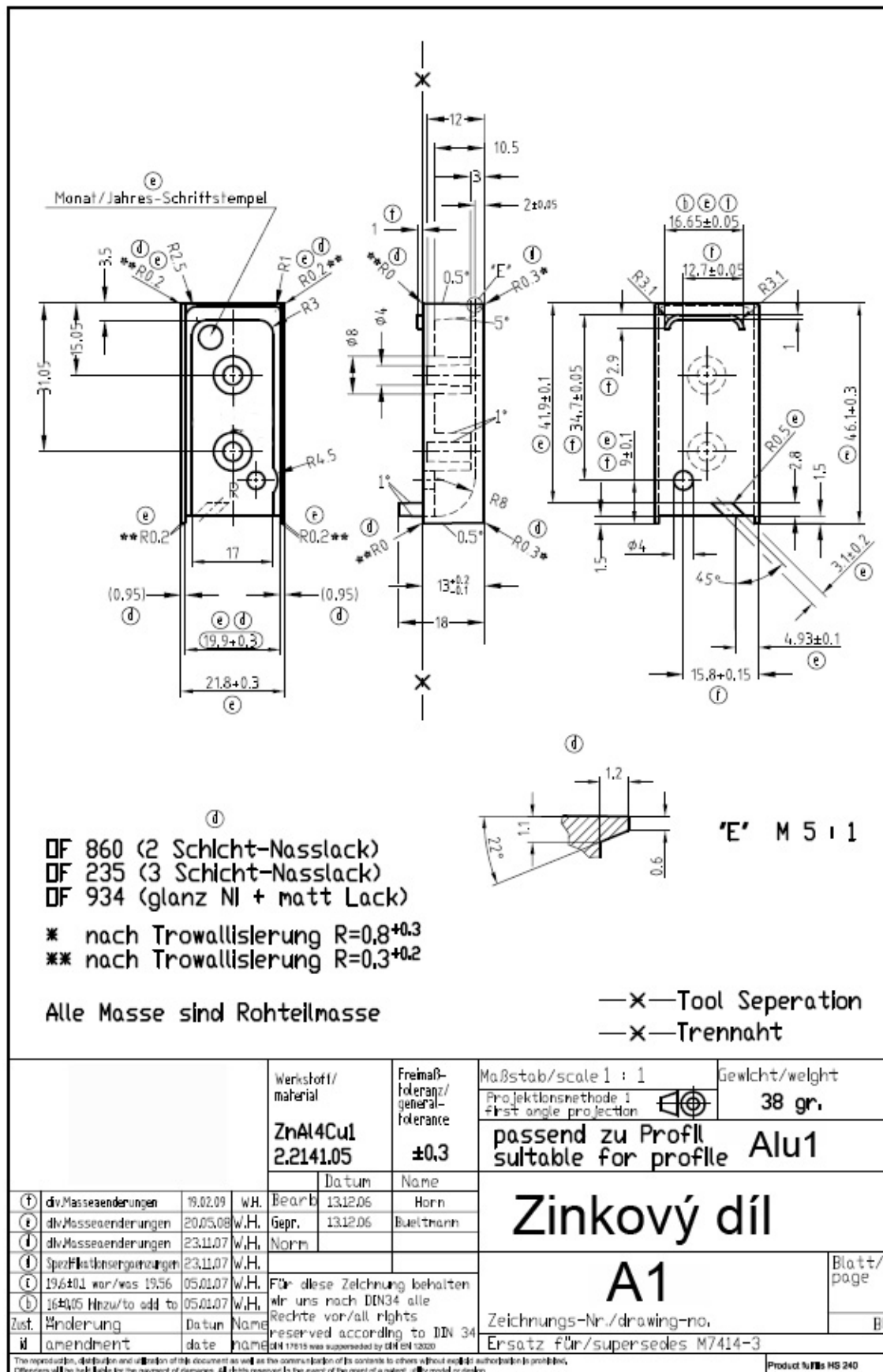


$p_B$	ks	Počet kusů ve vsázce B
$p_C$	ks	Počet kusů ve vsázce C
$p_D$	ks	Počet kusů ve vsázce D
$p_F$	ks	Fiktivní dávka pro určení celkového koeficientu neshodných dílů
$p_{nA}$	ks	Počet neshodných dílů v dávce A
$p_{nB}$	ks	Počet neshodných dílů v dávce B
$p_{nC}$	ks	Počet neshodných dílů v dávce C
$p_{nD}$	ks	Počet neshodných dílů v dávce D
$p_R$	ks	Maximální možný počet kusů v jedné řadě palety
$p_s$	Pa	Specifický tlak kovu v dutině formy
$p_S$	ks	Maximální možný počet kusů v jednom sloupci palety
$s$	$\text{mm}^2$	Celková plocha jednoho dílce
$S$	$\text{mm}^2$	Celková plocha jedné palety
$S_p$	$\text{m}^2$	Projekční plocha odlevu
$t_O$	min	Čas opracování
$t_{S1}$	min	Čas separace původní varianty
$t_{S2}$	min	Čas separace nové varianty
$x$	mm	Délka dílce
$X$	mm	Délka palety
$y$	mm	Šířka dílce
$Y$	mm	Šířka palety
$\eta$	%	Slévárenské využití materiálu

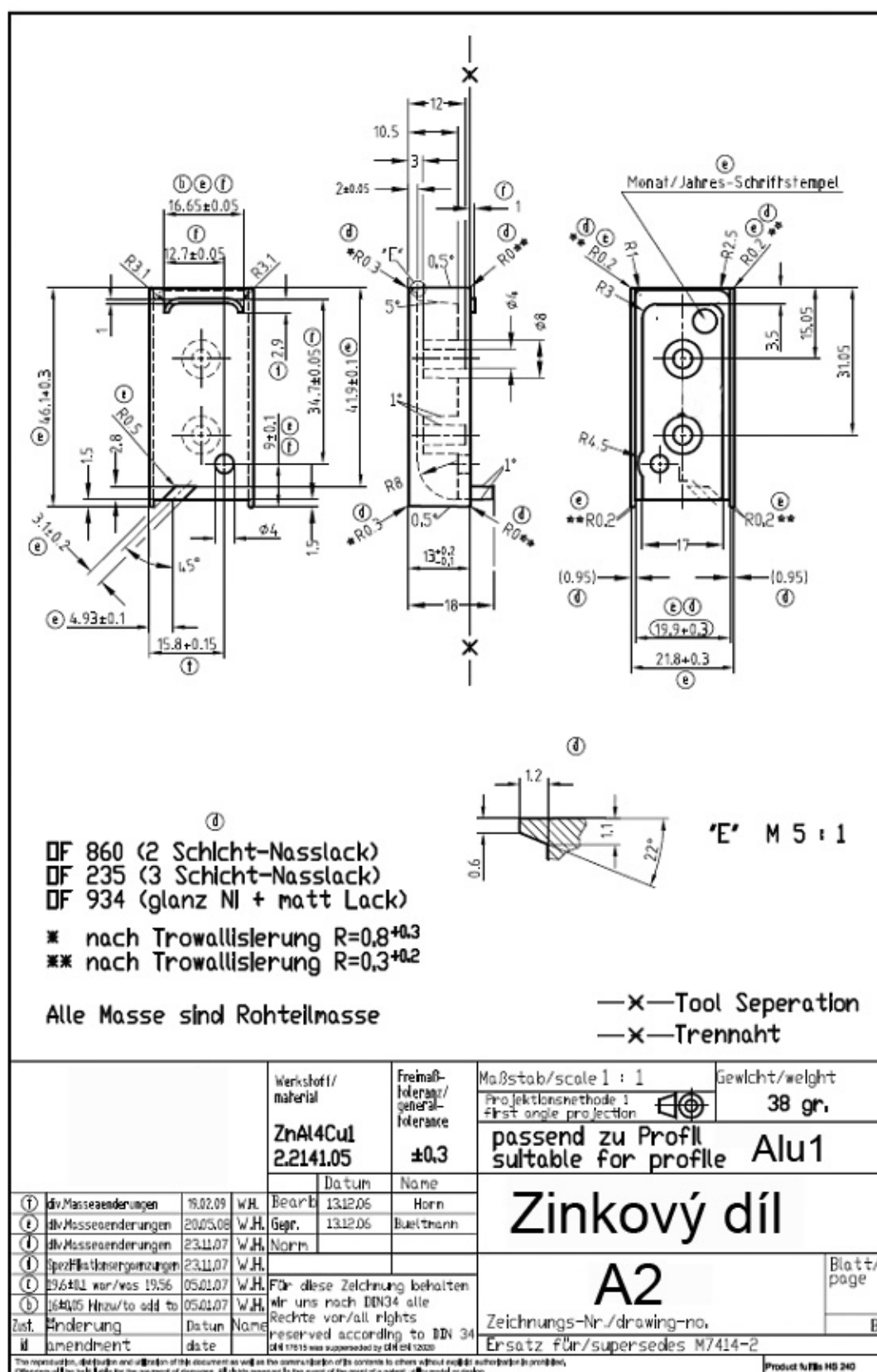
**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	Součástka A1
Příloha 2	Součástka A2
Příloha 3	Součástka B1
Příloha 4	Součástka B2
Příloha 5	Součástka C1
Příloha 6	Součástka C2
Příloha 7	Hliníkový profil Alu1
Příloha 8	Hliníkový profil Alu2
Příloha 9	Technická norma slitiny zinku na odlitky ČSN 42 3560
Příloha 10	Příčiny neshodných dílů za rok 2008
Příloha 11	Změřené hodnoty rádiusů
Příloha 12	Údaje zjištěné při testování omílacích tělísek

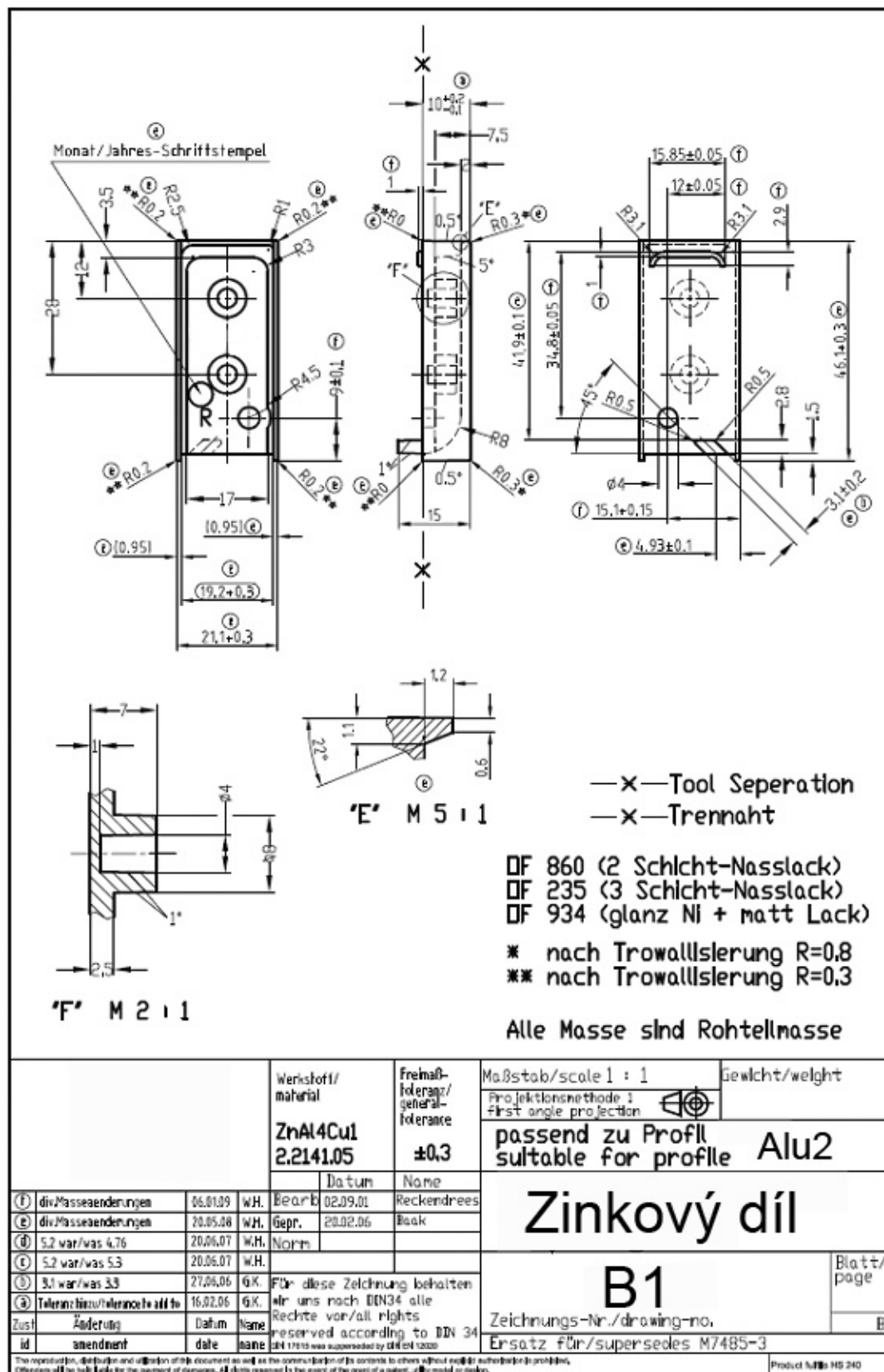
## Příloha 1 Součástka A1



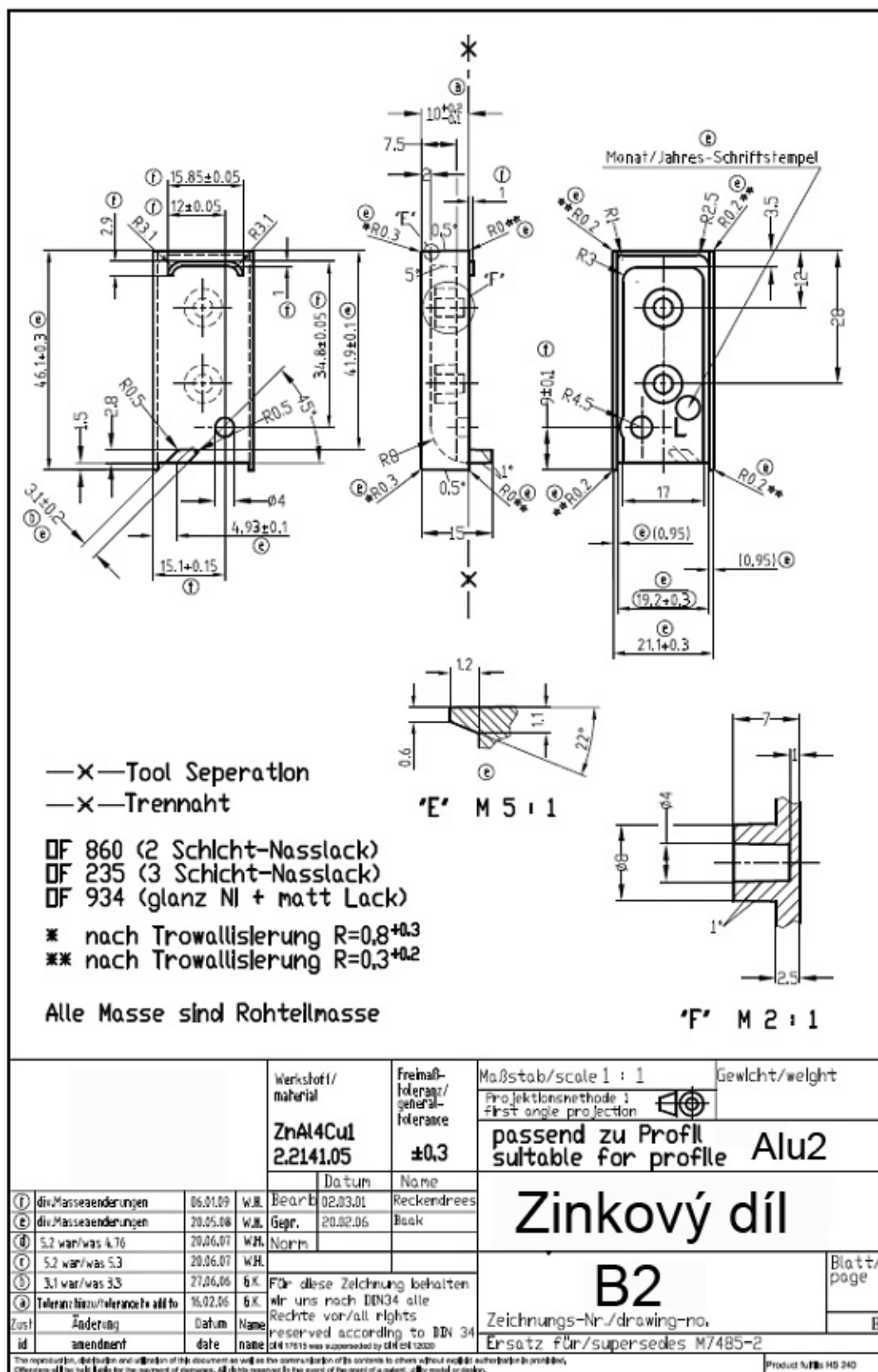
## Příloha 2 Součástka A2



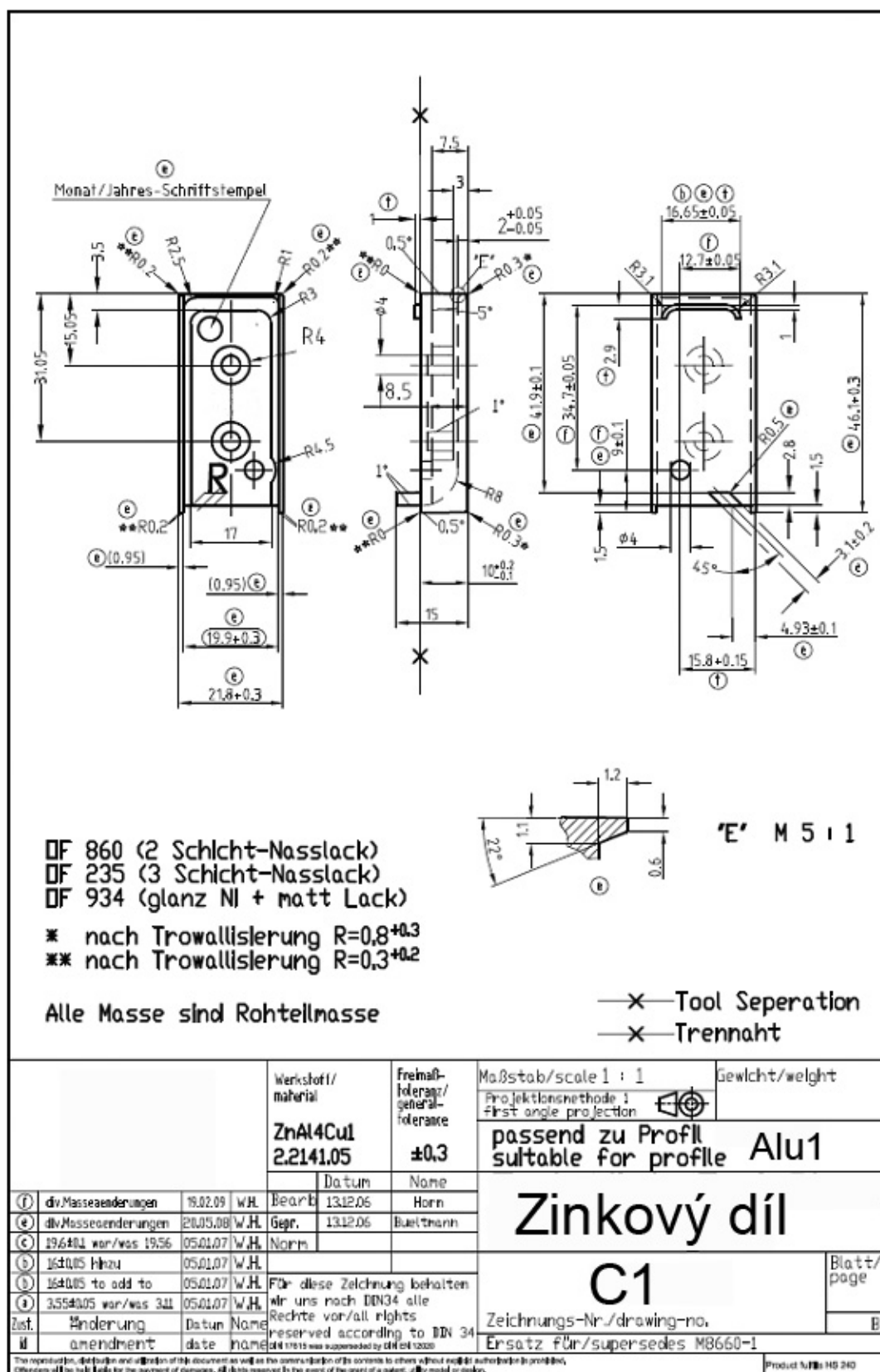
## Příloha 3 Součástka B1



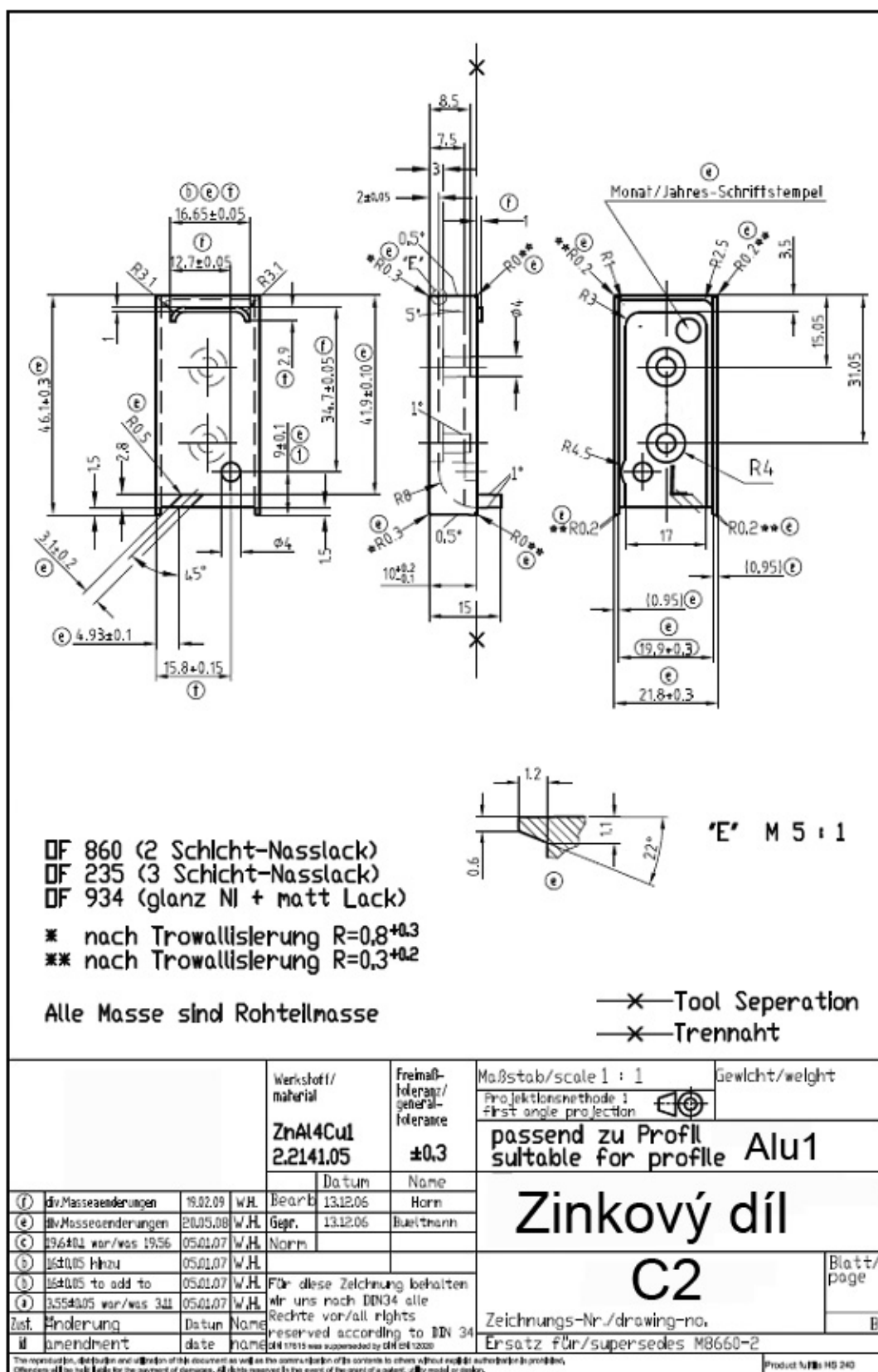
## Příloha 4 Součástka B2



## Příloha 5 Součástka C1



## Příloha 6 Součástka C2





Verkstoff/ material		Freimaß- toleranz/ general- tolerance		Maßstab/scale 1 : 1		Gewicht/weight	
Al Mg Si 0,5 F22		DIN EN 12020		Projektionsmethode I first angle projection			
		Datum		Name			
		Bearb. 30.11.00		Reckendrees			
		Gepr. 22.03.02		Bask			
		Norm					
		Für diese Zeichnung behalten wir uns nach DIN 34 alle Rechte vor/ all rights reserved according to DIN 34					
Zust. Änderung if amendment		Datum date		Name name			
				Profil/Profile			
				Alu1		Blatt/ page	
				Zeichnungs-Nr./drawing-no.		Bl	
				Ersatz für/supersedes M7414-1			



## Příloha 9 Technická norma slitiny zinku na odlitky ČSN 42 3560

ČESKOSLOVENSKÁ NORMA

MDT 669,5-14

Květen 1992



**SLITINA ZINKU NA ODLITKY 42 3560**  
**ZnAl4Cu1**

ČSN 42 3560

Zinc alloy for castings ZnAl4Cu1  
 Alliage de zinc moulé ZnAl4Cu1  
 Zink-Gusslegierung ZnAl4Cu1

Chemické složení (rozbor housek)	%	Přísadové prvky	Al	Cu	Mg
			3,90 až 4,30	0,75 až 1,25	0,02 až 0,05
		Doprovodné prvky max.	Pb + Cd	Sn	Fe
			0,009	0,001	0,05
Změny chemického složení pro odlitky	%	Fe			
		0,075			
Třída odpadu		421			
Výrobek		housky			
Technické dodací předpisy		ČSN 42 1383			
Číselné označení materiálu		42 3560			
Výrobek		odlitky lité pod tlakem			
Technické dodací předpisy		ČSN 42 1431			
Číselné označení materiálu		42 3560.03			
Stav		tepelně nezpracovaný			
Nejnižší mez kluzu $R_{p0,2}$	MPa	inf. 220 až 250			
Nejnižší pevnost v tahu $R_m$	MPa	275			
Nejnižší tažnost $A_5$	%	inf. 2 až 5			
Nejnižší tvrdost podle Brinella	HB	85			

Federální úřad pro normalizaci a měření

28001

**Příloha 10 Příčiny neshodných dílů za rok 2008**

Datum	Typ koncovky	Důvod reklamace	Neshodných dílů [ks]
30.6.08	A1	bublíny	71
1.7.08	A1	poškození po omílání	73
17.7.08	A1	vadné rozměry-díly byly uvolněny	569
21.7.08	A1	vadný rozměr	2550
21.7.08	A1	vadný rozměr	270
21.7.08	A1	vadný rozměr	2280
24.7.08	A1	vadný rozměr	60
24.7.08	A1	vadný rozměr	646
28.7.08	A1	boule na čele dílu	250
6.8.08	A1	nečistoty v laku	45
6.8.08	A1	boulička na čele dílu	430
6.8.08	A1	bublina na čele dílu	213
12.6.08	A1	bublíny	278
12.6.08	A1	mechanické poškození	164
17.7.08	A1	mechanické poškození po omílání, špatně odlité (nehladký, nerovný povrch na čele dílu)	666
17.7.08	A1	mechanické poškození po omílání, špatně odlité (nehladký, nerovný povrch na čele dílu)	666
6.8.08	A1	boule	915
7.8.08	A1	boule	725
4.1.08	A1	bublíny, vady odlitku, mechanické poškození, odření	72
4.1.08	A1	bublíny, vady odlitku, mechanické poškození	120
4.1.08	A1	bublíny, vady odlitku, mechanické poškození	672
8.1.08	A1	bublíny, vady odlitku, mechanické poškození, nečistoty pod lakem	186
20.2.08	A1	vady na pohledové straně	751
28.5.08	A1	špatný vnitřní rozměr, stará forma	2549
21.7.08	A1	vadný rozměr	3694
17.4.08	A2	šířka $21,8 \pm 0,3$ překročena	1262
16.6.08	A2	puchýře, bubliny	37
16.6.08	A2	poškození po omílání	15
17.7.08	A2	vadné rozměry	785
21.7.08	A2	vadné rozměry	3200
24.7.08	A2	vadné rozměry	180
24.7.08	A2	vadné rozměry	2160
28.7.08	A2	vada formy-bouličky na čele dílu	621
28.7.08	A2	boule na čele dílu	204
6.8.08	A2	mechanické poškození	370
6.8.08	A2	bouličky na čele dílu	111
6.8.08	A2	bouličky na čele dílu	471
6.8.08	A2	bouličky na čele dílu	205
11.8.08	A2	boule	329
11.8.08	A2	boule	329
2.9.08	A2	bouličky na čele dílu	184
10.6.08	A2	mechanické poškození	1125

7.8.08	A2	boule	720
18.8.08	A2	boule na zadní straně dílu	1033
21.8.08	A2	boule na čele i zadní straně dílu	104
22.9.08	A2	vada odlitku	882
4.1.08	A2	bubliny, vady odlitku, mechanické poškození, odření	720
4.1.08	A2	bubliny, mechanické poškození	110
4.1.08	A2	bubliny, vady odlitku	792
15.1.08	A2	bubliny	1767
20.2.08	A2	vadný povrch	659
17.4.08	A2	šířka $21,8 \pm 0,3$ překročena	5640
1.7.08	A2	poškození po omílání	2402
1.7.08	A2	poškození po omílání	2402
21.7.08	A2	vadný rozměr	4575
28.7.08	A2	snížení přilnavost	1278
28.7.08	A2	snížení přilnavost	1278
18.8.08	A2	omílací zařízení	253
16.7.08	B1	mechanické poškození	578
4.4.08	B1	vady odlitku, mechanické poškození, bubliny	4834
3.6.08	B1	poškození po omílání	90
16.6.08	B1	poškození po omílání	95
17.7.08	B1	mechanické poškození po omílání	795
26.8.08	B1	mechanické poškození	19
4.1.08	B1	vady odlitku, mechanické poškození, vady laku	31
20.2.08	B1	vrypy na pohledové straně	440
3.6.08	B1	stará forma, špatný vnitřní rozměr	360
12.6.08	B1	bubliny, rýhy	120
30.6.08	B1	poškození po omílání	28
1.7.08	B1	bubliny	1707
1.7.08	B1	poškození po omílání	383
3.7.08	B1	bubliny, poškození po omílání	2621
3.7.08	B1	bubliny, poškození po omílání	2621
3.7.08	B1	bubliny	4423
11.7.08	B1	bubliny	65
11.7.08	B1	bubliny, poškození po omílání	211
11.7.08	B1	bubliny, poškození po omílání	211
17.7.08	B1	mechanické poškození po omílání, bubliny	641
17.7.08	B1	mechanické poškození po omílání, bubliny	641
28.7.08	B1	omílací zařízení, bubliny	1173
28.7.08	B1	omílací zařízení, bubliny	1173
11.8.08	B1	okousané hrany	596
18.8.08	B1	bubliny	546
26.8.08	B1	vada formy-vadná hrana čela dílu	1178
8.9.08	B1	mechanické poškození	42
10.6.08	B2	poškození po omílání	279
30.6.08	B2	poškození po omílání	137
30.6.08	B2	bubliny	326
18.1.08	B2	bubliny na straně B	1124
20.2.08	B2	vada zinku, potlučené kusy	601
12.6.08	B2	bubliny	535

3.7.08	B2	bublíny	726
3.7.08	B2	bublíny	2579
3.7.08	B2	bublíny	715
11.7.08	B2	bublíny	37
11.7.08	B2	omílací zařízení, bublíny	443
11.7.08	B2	omílací zařízení, bublíny	443
17.7.08	B2	mechanické poškození po omílání	471
17.7.08	B2	mechanické poškození po omílání	1350
28.7.08	B2	snížena přilnavost, omílací zařízení	808
28.7.08	B2	snížena přilnavost, omílací zařízení	808
7.8.08	B2	Špatně nalakováno	278
18.3.08	C1	bublíny na straně B	488
31.3.08	C1	bublíny, vady odlitku,	792
16.6.08	C1	poškození po omílání	122
20.2.08	C1	vrypy, vada povrchová úprava	460
18.3.08	C1	bublíny, mechanické poškození	1280
30.5.08	C1	mechanické poškození, bublíny	510
12.6.08	C1	drobné bublíny, škrábance	110
16.6.08	C1	poškození po omílání	509
16.6.08	C1	bublíny	63
3.7.08	C1	poškození po omílání	175
17.7.08	C1	mechanické poškození po omílání	457
17.7.08	C1	mechanické poškození	474
21.7.08	C1	omílací zařízení	418
18.3.08	C2	bublíny na straně B	475
17.7.08	C2	mechanické poškození po omílání	416
20.2.08	C2	vrypy, povrchová úprava	308
21.3.08	C2	bublíny, puchýře, mechanické poškození	1848
25.3.08	C2	bublíny, puchýře, mechanické poškození	1848
12.6.08	C2	bublíny, rýhy	207
16.6.08	C2	omílací zařízení	711
16.6.08	C2	poškození po omílání	125
16.6.08	C2	poškození po omílání	824
16.6.08	C2	bublíny	120
1.7.08	C2	bublíny	206
1.7.08	C2	poškození po omílání	577
17.7.08	C2	mechanické poškození po omílání	641
17.7.08	C2	mechanické poškození po omílání	777
16.7.08	C2	mechanické poškození (po znovuoplachu)	277

### **Příloha 11 Změřené hodnoty rádiusů**

Čas omílání [min]	Číslo vzorku	Rozměry rádiusů [mm]				Průměr [mm]	Průměr 5-ti vzorků [mm]
0	1	Rádus 1	0,2999	0,3047	0,3102	0,3049	<b>0,3041 0,2075</b>
		Rádus 2	0,207	0,2096	0,2113	0,2093	
0	2	Rádus 1	0,3048	0,3215	0,315	0,3138	
		Rádus 2	0,199	0,2017	0,2089	0,2032	
0	3	Rádus 1	0,2846	0,2916	0,2812	0,2858	
		Rádus 2	0,2031	0,2097	0,216	0,2096	
0	4	Rádus 1	0,2986	0,3016	0,3012	0,3005	
		Rádus 2	0,2141	0,2087	0,2072	0,2100	
0	5	Rádus 1	0,3186	0,3201	0,3082	0,3156	
		Rádus 2	0,1996	0,2064	0,2102	0,2054	
20	6	Rádus 1	0,4967	0,4801	0,4863	0,4877	<b>0,4227 0,3567</b>
		Rádus 2	0,4606	0,451	0,4013	0,4376	
20	7	Rádus 1	0,3486	0,3383	0,3519	0,3463	
		Rádus 2	0,3519	0,4055	0,4039	0,3871	
20	8	Rádus 1	0,4572	0,4238	0,4313	0,4374	
		Rádus 2	0,3143	0,3174	0,3206	0,3174	
20	9	Rádus 1	0,4439	0,428	0,4346	0,4355	
		Rádus 2	0,3738	0,3244	0,3085	0,3356	
20	10	Rádus 1	0,424	0,3847	0,4109	0,4065	
		Rádus 2	0,314	0,2726	0,33	0,3055	
30	11	Rádus 1	0,4178	0,3704	0,399	0,3957	<b>0,4888 0,5177</b>
		Rádus 2	0,5034	0,5283	0,5281	0,5199	
30	12	Rádus 1	0,4897	0,4485	0,4428	0,4603	
		Rádus 2	0,5121	0,5141	0,5042	0,5101	
30	13	Rádus 1	0,5316	0,5294	0,4727	0,5112	
		Rádus 2	0,5491	0,5297	0,5435	0,5408	
30	14	Rádus 1	0,5411	0,5784	0,549	0,5562	
		Rádus 2	0,5435	0,5387	0,5411	0,5411	
30	15	Rádus 1	0,5054	0,5285	0,5278	0,5206	
		Rádus 2	0,4686	0,4359	0,5256	0,4767	
40	16	Rádus 1	0,6533	0,6449	0,6531	0,6504	<b>0,6953 0,6282</b>
		Rádus 2	0,6267	0,622	0,6213	0,6233	
40	17	Rádus 1	0,3918	0,4256	0,4466	0,4213	
		Rádus 2	0,5637	0,5652	0,5368	0,5552	
40	18	Rádus 1	0,6145	0,6265	0,6239	0,6216	
		Rádus 2	0,7219	0,6696	0,6662	0,6859	
40	19	Rádus 1	0,5416	0,5421	0,5221	0,5353	
		Rádus 2	0,6392	0,6328	0,6276	0,6332	
40	20	Rádus 1	1,3873	1,2306	1,1254	1,2478	
		Rádus 2	0,5898	0,662	0,6786	0,6435	

50	21	Rádus 1	0,6773	0,6871	0,64	0,6681	<b>0,6341 0,6589</b>
		Rádus 2	0,641	0,6106	0,6065	0,6194	
50	22	Rádus 1	0,6792	0,6665	0,6617	0,6691	
		Rádus 2	0,5704	0,5715	0,5674	0,5698	
50	23	Rádus 1	0,6132	0,6012	0,6084	0,6076	
		Rádus 2	0,793	0,7672	0,7771	0,7791	
50	24	Rádus 1	0,6671	0,6559	0,6547	0,6592	
		Rádus 2	0,7085	0,7555	0,7053	0,7231	
50	25	Rádus 1	0,5547	0,5826	0,5623	0,5665	
		Rádus 2	0,6387	0,5741	0,5964	0,6031	
60	26	Rádus 1	0,7463	0,7534	0,7658	0,7552	<b>0,6988 0,8014</b>
		Rádus 2	0,8506	0,8627	0,9102	0,8745	
60	27	Rádus 1	0,77	0,7662	0,7573	0,7645	
		Rádus 2	0,7891	0,7947	0,7908	0,7915	
60	28	Rádus 1	0,6201	0,6645	0,6038	0,6295	
		Rádus 2	0,7832	0,7503	0,7547	0,7627	
60	29	Rádus 1	0,6475	0,6829	0,7137	0,6814	
		Rádus 2	0,7812	0,7804	0,7679	0,7765	
60	30	Rádus 1	0,6746	0,653	0,6626	0,6634	
		Rádus 2	0,7947	0,8055	0,8043	0,8015	
70	31	Rádus 1	0,7878	0,8043	0,8157	0,8026	<b>0,8118 0,8475</b>
		Rádus 2	0,8726	0,8128	0,829	0,8381	
70	32	Rádus 1	0,902	0,8278	0,8627	0,8642	
		Rádus 2	0,8089	0,8058	0,8017	0,8055	
70	33	Rádus 1	0,8174	0,8255	0,8263	0,8231	
		Rádus 2	0,8975	0,8646	0,8876	0,8832	
70	34	Rádus 1	0,7882	0,8086	0,7974	0,7981	
		Rádus 2	0,8163	0,8298	0,8321	0,8261	
70	35	Rádus 1	0,7713	0,7557	0,7868	0,7713	
		Rádus 2	0,8987	0,8796	0,8755	0,8846	
80	36	Rádus 1	0,8922	0,8776	0,8788	0,8829	<b>0,8438 0,8964</b>
		Rádus 2	0,982	0,9521	0,9818	0,9720	
80	37	Rádus 1	0,8039	0,8008	0,8146	0,8064	
		Rádus 2	0,8383	0,8004	0,8596	0,8328	
80	38	Rádus 1	0,8454	0,8262	0,8841	0,8519	
		Rádus 2	0,887	0,8614	0,8475	0,8653	
80	39	Rádus 1	0,8122	0,8038	0,802	0,8060	
		Rádus 2	0,9726	0,9914	0,9201	0,9614	
80	40	Rádus 1	0,8653	0,8665	0,8843	0,8720	
		Rádus 2	0,9201	0,8096	0,8226	0,8508	



90	41	Rádus 1	0,943	0,9243	0,8945	0,9206	<b>0,8446 0,9353</b>
		Rádus 2	1,0535	1,0118	0,9288	0,9980	
90	42	Rádus 1	0,8218	0,8355	0,8458	0,8344	
		Rádus 2	0,923	0,9072	0,911	0,9137	
90	43	Rádus 1	0,8289	0,8339	0,833	0,8319	
		Rádus 2	0,9317	0,8963	0,8777	0,9019	
90	44	Rádus 1	0,8196	0,8167	0,8047	0,8137	
		Rádus 2	0,9303	0,885	0,9118	0,9090	
90	45	Rádus 1	0,8043	0,809	0,8537	0,8223	
		Rádus 2	1,0286	0,9507	0,8818	0,9537	
100	46	Rádus 1	0,8049	0,8132	0,8088	0,8090	<b>0,8448 0,8884</b>
		Rádus 2	0,7559	0,7472	0,7281	0,7437	
100	47	Rádus 1	0,8094	0,8004	0,7855	0,7984	
		Rádus 2	0,9814	0,9386	0,872	0,9307	
100	48	Rádus 1	0,8578	0,8527	0,8675	0,8593	
		Rádus 2	0,9034	0,8592	0,904	0,8889	
100	49	Rádus 1	0,8507	0,8659	0,8899	0,8688	
		Rádus 2	0,9754	0,9926	0,9585	0,9755	
100	50	Rádus 1	0,9182	0,8729	0,8737	0,8883	
		Rádus 2	0,8948	0,9161	0,8993	0,9034	

**Příloha 12 Údaje zjištěné při testování omílacích tělísek**

<b>Tělíška</b>	<b>Rozměry rádiusů [mm]</b>					<b>Průměr [mm]</b>	<b>Ar.průměr obou rádiusů [mm]</b>
RKK 30	Rádus 1	0,7559	0,7844	0,7144	0,7516	0,7148	
	Rádus 2	0,6894	0,7011	0,6434	0,6780		
RKK 40	Rádus 1	0,8688	0,8619	0,8733	0,8680	0,7802	
	Rádus 2	0,7011	0,6914	0,6845	0,6923		
RKK 50	Rádus 1	0,7693	0,7679	0,764	0,7671	0,8536	
	Rádus 2	0,9309	0,9507	0,9389	0,9402		
RKK 60	Rádus 1	0,8513	0,853	0,8174	0,8406	0,9182	
	Rádus 2	1,009	1,005	0,9737	0,9959		
RKK 70	Rádus 1	0,9159	0,9191	0,9301	0,9217	0,9804	
	Rádus 2	1,0351	1,0398	1,0422	1,0390		
RKK 80	Rádus 1	0,9859	0,9891	1,0101	0,9950	1,0320	
	Rádus 2	1,0651	1,0698	1,0722	1,0690		
ER 30	Rádus 1	0,7279	0,7148	0,7017	0,7148	0,7079	
	Rádus 2	0,7226	0,702	0,6783	0,7010		
ER 40	Rádus 1	0,7328	0,7176	0,7061	0,7188	0,7516	
	Rádus 2	0,8143	0,7682	0,7706	0,7844		
ER 50	Rádus 1	0,8508	0,8663	0,8236	0,8469	0,8744	
	Rádus 2	0,9494	0,8884	0,8676	0,9018		
ER 60	Rádus 1	1,0731	1,0633	1,058	1,0648	0,9487	
	Rádus 2	0,899	0,7796	0,8192	0,8326		
ER 70	Rádus 1	0,9739	0,9493	0,9488	0,9573	0,9418	
	Rádus 2	0,9123	0,9379	0,9283	0,9262		
ER 80	Rádus 1	1,0279	1,0309	1,024	1,0276	1,0772	
	Rádus 2	1,1619	1,0794	1,1392	1,1268		
RPY 30	Rádus 1	0,5771	0,5722	0,5885	0,5793	0,5719	
	Rádus 2	0,5632	0,5564	0,5739	0,5645		
RPY 40	Rádus 1	0,7218	0,689	0,7293	0,7134	0,6722	
	Rádus 2	0,6627	0,6186	0,612	0,6311		
RPY 50	Rádus 1	0,5676	0,615	0,6146	0,5991	0,6832	
	Rádus 2	0,781	0,7669	0,7542	0,7674		
RPY 60	Rádus 1	0,8263	0,8114	0,8045	0,8141	0,8085	
	Rádus 2	0,8029	0,7976	0,8085	0,8030		
RPY 70	Rádus 1	0,8347	0,8134	0,8181	0,8221	0,8207	
	Rádus 2	0,8412	0,8148	0,8019	0,8193		
RPY 80	Rádus 1	0,808	0,8064	0,8003	0,8049	0,8669	
	Rádus 2	0,9482	0,952	0,8866	0,9289		